

# 3. La fertilisation azotée

---

R. Blanchard<sup>1</sup>, R. Meurs<sup>1</sup>, C. Vandenberghe<sup>2</sup>, J. Pierreux<sup>3</sup>, O. Mahieu<sup>4</sup>, C. Collin<sup>5</sup>, V. Reuter<sup>6</sup>,  
G. Sinnaeve<sup>6</sup>, J.L. Herman<sup>7</sup>, M. Renneson<sup>8</sup>, L. Blondiau<sup>9</sup>, A. Vilret<sup>10</sup>, S. Crémer<sup>11</sup>, M. De Toffoli<sup>12</sup>,  
B. Bodson<sup>3</sup> et B. Dumont<sup>3</sup>

1	Bilan de la saison culturale .....	3
1.1	Influence des conditions climatiques de la saison 2018-2019 sur l'alimentation azotée des cultures .....	3
2	La fertilisation azotée en Froment d'hiver .....	5
2.1	Expérimentations et résultats de la saison 2018-2019 .....	5
2.1.1	Résultats des essais en fumure de 2019.....	6
2.1.2	Analyse des protocoles et des résultats de l'essai fumure mené à Ath en 2019 (Carah) ..	7
2.1.3	Résultats obtenus en région limoneuse (Lonzée) .....	9

---

<sup>1</sup> CePiCOP asbl – Centre Pilote wallon des Céréales et Oléo-Protéagineux

<sup>2</sup> ULiège – Gx-ABT – Axe Echanges Eau-Sol-Plantes – GRENeRA

<sup>3</sup> ULiège – Gx-ABT – Axe Plant Science – Phytotechnie

<sup>4</sup> C.A.R.A.H. asbl. – Centre Agronomique de Recherches Appliquées de la Province de Hainaut

<sup>5</sup> Requasud – Laboratoire de la Province de Liège

<sup>6</sup> CRA-W – Département Connaissance et Valorisation des Produits – Unité Valorisation des Produits, de la Biomasse et du Bois

<sup>7</sup> CRA-W – Département Productions Agricoles – Unité Productions Végétales

<sup>8</sup> Centre Provincial de l'Agriculture et de la Ruralité (CPAR)

<sup>9</sup> C.A.R.A.H. asbl. – Centre Agronomique de Recherches Appliquées de la Province de Hainaut – Service Pédologie

<sup>10</sup> O.P.A. – Office Provincial Agricole

<sup>11</sup> Centre de Michamps ASBL

<sup>12</sup> UCL – Earth & Life Institute – Pôle Agronomie

### 3. Fertilisation azotée

---

2.2	Les éléments à considérer pour une recommandation pratique.....	18
2.3	La détermination pratique de la fertilisation azotée.....	22
2.4	Calcul de la fumure azotée pour 2020.....	25
2.4.1	Détermination de N.TER, fonction du contexte sol-climat.....	26
2.4.2	Détermination de N.ORG, fonction de la richesse organique du sol.....	28
2.4.3	Détermination de N.PREC, fonction du précédent.....	29
2.4.4	Détermination N.ETAT, en fonction de l'état de la culture .....	30
2.4.5	Détermination DE N.CORR.....	33
2.4.6	Calcul de la fumure .....	37
3	La fertilisation azotée en Escourgeon.....	38
3.1	Les particularités de la saison culturale 2018-2019 .....	38
3.2	Résultats des expérimentations en 2019 .....	39
3.2.1	Analyse de l'essai fumure réalisé à Ath (Carah).....	39
3.2.2	Analyse des essais fumures réalisés à Lonzée (ULiège Gx-ABT) .....	41
3.3	Recommandations pratiques.....	45
3.3.1	Conditions particulières de 2020, profil en azote minéral du sol en escourgeon en sortie d'hiver .....	45
3.3.2	Conseil de fertilisation pour la saison culturale 2019-2020 .....	46
3.3.3	Considération pratique pour adapter le conseil en fonction des situations .....	46
3.3.4	Calcul des doses à appliquer : .....	48
4	La fertilisation azotée en froment-pois .....	52
4.1	Etat de l'association en sortie d'hiver .....	52
4.2	La fumure conseillée pour la saison 2019-2020 .....	52

<h1><b>1 Bilan de la saison culturale</b></h1>
--

## **1.1 Influence des conditions climatiques de la saison 2018-2019 sur l'alimentation azotée des cultures**

L'implantation des froments a été réalisée dans de bonnes conditions pour les semis les plus précoces (octobre) jusqu'aux semis tardifs (mi-décembre). Des précipitations inférieures à la normale ont été observées de septembre jusqu'en novembre 2018 (Figure 3.1) ainsi que des températures supérieures aux moyennes de septembre jusqu'en décembre 2018 (Figure 3.2). Ces températures élevées ont notamment impliqué un traitement insecticide contre des pucerons alors fortement présents dans certaines régions (par exemple : Ath et Tournai).

Les froments se sont bien développés en décembre avec des précipitations et des températures supérieures à la normale. Le mois de janvier a permis de ralentir le développement des froments avec des températures plus froides sans gel trop sévère. Quant aux précipitations du mois de décembre, de janvier et de mars ont été plus importantes que la normale. Elles ont permis de reconstituer partiellement les réserves d'eau. Ce temps favorable qui a persisté tout l'hiver a permis aux plants de taller de façon optimale. Les premiers éléments permettant d'obtenir un rendement en grain optimal (à travers le nombre d'épis) étaient donc déjà en place.

À la sortie de l'hiver, les résultats des analyses de sol montraient que l'azote était présent en quantité importante. Il y avait cependant une variabilité importante entre les surfaces agricoles et les précédents agricoles. Plus que jamais, certaines cultures n'avaient donc pas valorisé l'azote apporté la saison précédente et ces analyses de reliquats ont permis d'éviter des surdosages. Cela souligne l'importance d'adapter en cours de saison la fertilisation de référence donnée lors du Livre Blanc. Cette adaptation doit être réalisée fonction des paramètres présentés dans le Livre Blanc (article en fertilisation azotée en froment d'hiver et en escourgeon).

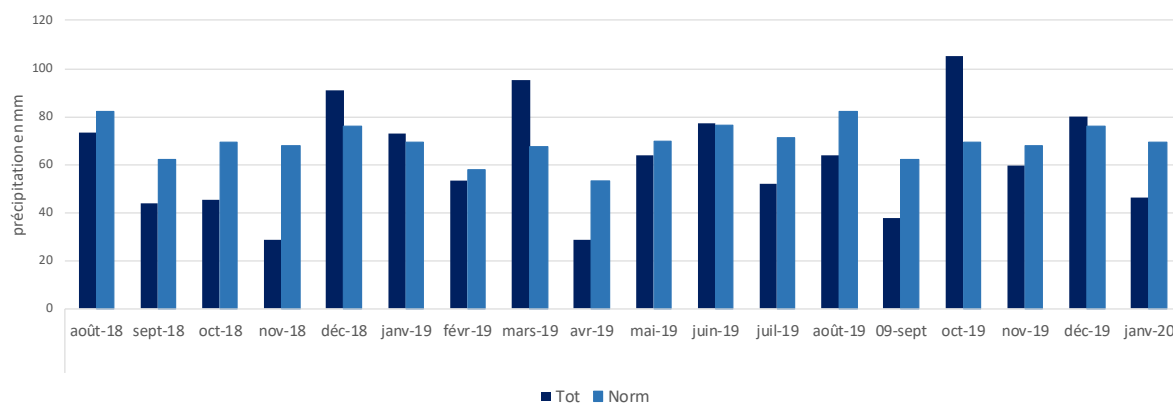
Les températures élevées de fin février ont permis une bonne reprise de la végétation. Les mois de mars et d'avril ont également connus des températures supérieures à la normale. Ces températures ont permis d'accélérer le développement des plants jusqu'au mois de mai. En effet, les températures ont alors chuté et cette diminution a permis de ralentir le développement des plants. Quant à la pluviométrie, elle a été suffisante et régulière ce qui a permis un bon développement des plants.

Enfin, les conditions du mois de juin et de juillet ont permis un bon remplissage des grains malgré la vague de chaleur présente dans la seconde partie du mois de juin. Les valeurs maximales de températures à Gembloux atteignaient les 30°C. Cependant, dans la plupart des situations, le seuil des 32°C n'a pas été dépassé. L'échaudage tant redouté n'a de ce fait concerné que quelques cas de variétés tardives et les cultures situées dans des zones plus exposées telles que sur des sols à faible capacité de réserve en eau. Le bilan climatique de la

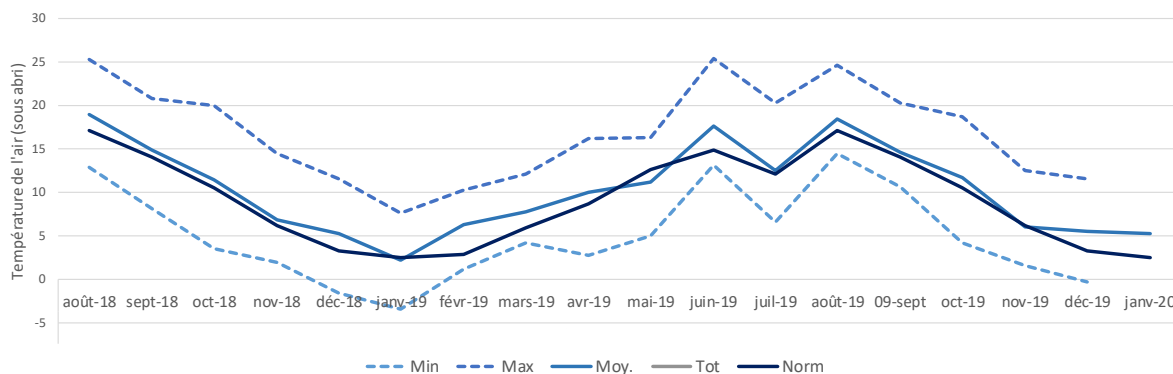
### 3. Fertilisation azotée

saison est disponible dans la partie « Aperçu climatique » de ce Livre Blanc.

Fin juillet, la moisson des froments a débuté et les premiers rendements étaient très bons, voir même, exceptionnels. En plus d'une production en quantité, la récolte a également été de qualité. Le 27 juillet, une forte pluie a imposé un temps d'arrêt dans la campagne. Les travaux ont repris mais la qualité de la récolte avait chuté suite à cette pluie (article complet sur la qualité de la récolte présente dans le Live Blanc de Septembre 2019 dans la partie « Qualité froment »).



**Figure 3.1 – Précipitation en mm à Ernage-Gembloux depuis août 2018 jusqu'à décembre 2019.**



**Figure 3.2 – Températures de l'air (sous abri) à Ernage-Gembloux depuis août 2018 jusqu'à décembre 2019.**

## 2 La fertilisation azotée en Froment d'hiver

### 2.1 Expérimentations et résultats de la saison 2018-2019

Les résultats des essais sont présentés ci-dessous : deux d'entre eux ont été implantés dans la région de Gembloux (Lonzée) par la Faculté de Gembloux Agro-Bio Tech, ULiège en collaboration avec le Centre Pilote Wallon des Céréales et Oléo-Protéagineux (CePiCOP) et le second a été réalisé par le CARAH à Ath.

Pour l'interprétation des résultats, il convient de rappeler quelques définitions importantes :

- le **rendement phytotechnique** est défini comme le rendement brut, exprimé en tonnes ou en quintaux à l'hectare, récolté sur la parcelle ;
- le **rendement économique** représente le rendement phytotechnique duquel on déduit l'équivalent en poids de grain (t/ha ou qx/ha) correspondant au coût de la quantité totale d'engrais azoté appliquée.

Dans une démarche économique pour l'agriculteur, mais également plus respectueuse de l'environnement, ce sont les résultats exprimés en terme de rendement économique qu'il faut retenir.

Le prix de vente retenu pour le froment d'hiver en 2019 est de 150 €/T et le prix moyen de la tonne d'azote (ammonitrate 27 %) est de 240 €. Les rendements économiques qui sont repris dans ce chapitre sont donc exprimés selon le rapport 5.93 à savoir qu'1 kilogramme d'azote correspond à 5.93 kilogramme de froment (1 kg N = 5.93 kg de froment).

#### 2.1.1 Résultats des essais en fumure de 2019

- **Analyse de la conduite culturale de ces essais**

Les itinéraires techniques suivis dans les essais « fumure » mis en place par Gembloux Agro-Bio Tech, ULiège en collaboration avec le Centre Pilote Wallon des Céréales et Oléo-Protéagineux (CePiCOP), et le CARAH sont détaillés dans le Tableau 3.1. Les deux essais de Lonzée ont des itinéraires techniques relativement proches tandis que l'essai à Ath est caractérisé par une conduite culturale propre à la région concernée. Ces itinéraires sont influencés par les sites d'implantations et également par les conditions environnementales présentes sur ces parcelles. L'ensemble des opérations culturales a été réalisé au moment le plus adéquat.

Les deux itinéraires culturaux des essais menés à Lonzée sont caractérisés par la réalisation d'un désherbage, l'emploi d'un raccourcisseur et l'application de deux fongicides. De plus, grâce aux conditions climatiques et à la faible pression en puceron, le traitement insecticide n'a pas été réalisé. Ces essais se distinguent par la variété employée (Mentor et Safari), le précédent cultural (épinard et pommes de terre) ou encore l'application de fumures spécifiques (ce point sera abordé ultérieurement). De plus le profil azoté de ces sites est important. En effet, l'essai après un précédent pomme de terre avec la variété Safari possède un reliquat azoté de 100 kg N/ha sur une profondeur de 90 cm. Un profil azoté de 165 kg N/ha sur une profondeur de 90 cm est présent pour le second essai avec la variété Mentor réalisé après une culture d'épinard.

Ensuite, le troisième essai a été implanté avec la variété Mentor à Ath avec un précédant betterave. Le site d'implantation se caractérise par un profil azoté à la sortie de l'hiver de 24 kg N/ha sur une profondeur de 90 cm. Ce site est marqué par la réalisation de traitements supplémentaires dû à son environnement. En effet, un premier désherbage ainsi qu'un premier traitement insecticide ont dû être réalisés en novembre. Ce traitement insecticide a notamment permis de lutter contre les pucerons déjà présents en nombre. Après l'hiver, un second traitement herbicide a été appliqué. Ensuite, deux raccourcisseurs, trois applications de fongicides et un dernier insecticide ont été appliqués afin de protéger la culture.

Finalement, ces essais ont été récoltés fin juillet et les résultats de ces essais sont présentés dans le point suivant ainsi que les protocoles en fumure azotée qui ont été appliqués.

**Tableau 3.1 – Conduite culturale des essais « fumure azotée » en 2019 mené à Lonzée (Gx-ABT, ULiège) et à Ath (CARAH).**

Intervention	Caractéristique	Date / Donnée	Caractéristique	Date / Donnée	Caractéristique	Date / Donnée	Intervention
Choix variétal	Safari	-	Mentor	-	Mentor	-	Choix variétal
Lieu	Lonzée		Lonzée		Ath		Lieu
Date de semis	250 grains/m²	17-oct	250 grains/m²	17-oct	300 grains/m²	24-oct	Date de semis
Précédent	pommes de terres	-	Epinards	-	Betteraves	-	Précédent
Profil azoté réalisé en Janvier 2019	P : 0-30 cm	14,91	P : 0-30 cm	45,64	P : 0-30 cm	10,5	Profil azoté réalisé en Janvier 2019
	P : 30-60 cm	38,58	P : 30-60 cm	73,96	P : 30-60 cm	6,4	
	P : 60-90 cm	46,64	P : 60-90 cm	45,43	P : 60-90 cm	7,4	
	Total N minéral	100,13	Total N minéral	165,03	Total N minéral	24,3	
Apport de fumure	T	26-mars	T	26-mars	T	08-mars	Apport de fumure
	TR	04-avr	TR	04-avr	TR	-	
	R	11-avr	R	11-avr	R	28-mars	
	DF	21-mai	DF	21-mai	DF	16-mai	
	DFL	12-juin	DFL	12-juin	DFL	-	
Désherbage	Capri (200g/ha)	05-avr	Capri (200g/ha)	05-avr	Herold (0.6 l/ha)	16-nov	Désherbage
	+ Pacifica (300g/ha)		+ Pacifica (300g/ha)		Allié (20g/ha)	30-mars	
	+ Biathon duo (70 g/ha)		+ Biathon duo (70 g/ha)		+ Starane Forte (0.2 l/ha)		
Raccourcisseur	CCC (1 l/ha)	17-avr	CCC (1 l/ha)	17-avr	Tempo (0.2 l/ha)	30-mars	Raccourcisseur
					+ Cycofix (1 l/ha)		
					Tempo (0.1 l/ha)	07-mai	
Fongicide	Opus plus (1,5L/ha)	07-mai	Opus plus (1,5L/ha)	30-avr	Palazzo (1.8 l/ha)	06-mai	Fongicide
	+ Pugil (1L/ha)		+ Pugil (1L/ha)		+ Pugil (1 l/ha)		
	Adexar (1,5L/ha)	11-juin	Adexar (1,5L/ha)	11-juin	Librax (1.5 l/ha)	27-mai	
					Kestrel (0.8 l/ha)	04-juin	
Insecticide	-	-	-	-	karate zeon ( 50 ml/ha)	16-nov	Insecticide
					karate zeon ( 50 ml/ha)	04-juin	
Récolte	-	30-juil	-	31-juil	-	31-juil	Récolte

P : profondur; T : tallage; TR : Tallage-Redressement; R : Redressement; DF : Dernière feuille; DFL : début floraison

#### 2.1.2 Analyse des protocoles et des résultats de l'essai fumure mené à Ath en 2019 (Carah)

La première analyse concerne l'essai mené par le Carah. Ces résultats sont repris dans le Tableau 3.2 avec comme données, le protocole en fumure appliqué, les rendements phytotechniques et économiques, le poids à l'hectolitre, la teneur en protéines, l'indice Zélény et le rapport Z/P.

Ce protocole est défini avec un premier objet qui sert de témoin. Il n'a donc pas d'apport d'azote minéral. Les objets 2 à 3 et 5 à 10 comportent des fumures en trois fractions. L'objet 5 décrit la fumure liée aux recommandations du Livre Blanc ; l'objet 6 est la fumure conseillée par le CARAH pour les conditions de la parcelle ; l'objet 7 se différencie de l'objet 6 par des apports d'engrais azotés sous forme de sulfonitrate (26 N/32S). Enfin, l'objet 4 est caractérisé par une fumure totale également de 175 kg N/ha appliquée en seulement deux fractions basés sur le conseil donné lors du Livre Blanc.

### 3. Fertilisation azotée en froment d'hiver

Tableau 3.2 – Résultat de l'essai « fumure » à Ath (CARAH) en 2019.

N°Objet	T 08-mars	Red 28-mars	DF 16-mai	Total [Kg N/ha]	Rdt Phyto [qx/ha]	Rdt Eco [qx/ha]	P/HL [kg/hl]	Prot. [%]	Zel [ml]	Z/P	Hag [sec.]
1	0	0	0	0,0	77,3	77,3	82,3	8,9	23,8	2,7	346
2	30	50	50	130	122,1	114,4	84,3	10,8	32,7	3,0	364
3	50	50	50	150	123,0	114,1	84,5	11,3	35,4	3,1	340
4	-	90	75	165	122,6	112,8	84,3	11,5	38,0	3,3	349
5	50	50	65	165	122,8	113,1	<b>84,7*</b>	11,5	37,5	3,2	362
6	60	50	60	170	124,5	114,4	84,4	11,5	38,3	3,3	341
7	60**	50	60	170	122,1	112,1	84,3	11,4	36,6	3,2	346
8	60	60	70	190	<b>127,1*</b>	<b>115,8*</b>	84,5	11,8	39,0	2,5	352
9	75	60	75	210	125,6	113,2	84,5	12,0	<b>41,3*</b>	<b>3,4*</b>	338
10	75	70	85	230	126,1	112,5	84,5	<b>12,1*</b>	40,9	3,4	350

\* Chaque valeur en gras représente la valeur la plus élevée observée pour le rendement phytotechnique, le rendement économique, le nombre d'épis/m<sup>2</sup> et la teneur en protéines. Les cases grisées sont les objets statistiquement équivalents à la valeur maximale

\*\* Avec du Sulfonitrate 26N/32S

#### • Rendements phytotechnique et économique

Le rendement phytotechnique maximal, soit 127.4 qx/ha est obtenu avec une fumure totale de 190 kg N/ha (60-60-70). Les rendements phytotechniques observés pour les objets 2 à 7, obtenus avec des fumures totales moindres sont certes plus faibles mais ne sont pas statistiquement différents de ce rendement maximal. Pour les objets 8 à 10, les rendements phytotechniques obtenus avec des fumures totales supérieures sont également plus faibles mais ils ne sont pas statistiquement différents de ce rendement maximal. Au niveau des rendements économiques, l'optimum est aussi obtenu grâce à l'objet 8 avec un rendement de 115.8 qx/ha. Cependant, tant les fumures plus élevées que les fumures plus faibles, hormis la fumure nulle, ont également permis d'obtenir des rendements économiques statistiquement équivalents. Enfin, l'objet 7 est caractérisé par des apports contenant aussi du soufre (sulfonitrate), l'analyse statistique ne montre pas de différence significative du rendement phytotechnique suite à cet ajout de soufre.

*La fumure de référence en trois fractions conseillée lors le Livre Blanc de février 2019 et qui a été adaptée selon les recommandations aux conditions de l'essai et de la culture (objet 5) a permis d'atteindre l'optimum du rendement phytotechnique et du rendement économique.*



- **Poids à l'hectolitre (P/HL)**

Le poids à l'hectolitre est le plus élevé pour l'objet 5 (84.7 kg/hl). Cependant, la valeur moyenne des poids à l'hectolitre est élevée (84.2 kg/hl). Il n'y a pas de différence statistique entre les différentes fumures (objets 2 à 10).

- **Teneur en protéines, Indice Zélény et rapport Zélény sur Protéines (Z/P)**

L'objet 10 possède la teneur en protéines la plus élevée. La comparaison de la teneur en protéine entre l'objet 6 et l'objet 7 permet de montrer que la fumure, dont le premier apport est caractérisé par 26% d'azote et 32% de soufre, possède une teneur en protéine plus faible de manière significative. L'indice Zélény ainsi que le rapport Z/P est le plus élevé pour l'objet 9. Les moyennes de ces données sont de 11.3% pour la teneur en protéines, de 36.3 ml pour le Zélény et de 3.2 pour le rapport Z/P.

#### **2.1.3 Résultats obtenus en région limoneuse (Lonzée)**

La seconde analyse est réalisée sur les deux essais en fumure azotée implantés à Lonzée par la faculté de Gembloux Agro-Bio Tech, ULiège en collaboration avec le Centre Pilote Wallon des Céréales et Oléo-Protéagineux (CePiCOP). Les Tableaux 3.3 et 3.4 reprennent les protocoles employés et les rendements obtenus.

Ces essais sont réalisés avec la variété Mentor pour l'essai « panifiable » et avec la variété Safari pour l'essai « fourrager ». Respectivement, trente et trente-deux modalités de fumure différentes caractérisent ces essais. Celles-ci variaient à la fois sur la dose totale d'azote apportée et sur le fractionnement de la fumure. Pour ces deux essais, les objets 1 à 22 constituent le protocole factoriel avec des apports de 60, 90 et 120 kg N/ha permettant le calcul des surfaces de réponse.

Ensuite, pour l'essai avec une variété panifiable (Tableau 3.4), les objets 23 à 26, sont issus de la fumure conseillée lors du Livre Blanc de Février 2019 avec un fractionnement en deux et en trois apports. Les objets 23 et 24 correspondent à la fumure conseillée du Livre Blanc en trois fractions et l'objet 24 a reçu une fumure qui a été adaptée en fonction de l'état de la culture et de divers paramètres présentés dans le Livre Blanc de février 2019. Ensuite, les objets 25 et 26 sont caractérisés par une fumure conseillée au Livre Blanc de février 2019 en deux apports. L'objet 26 répond à cette fumure en deux apports tout en étant adapté avec les mêmes paramètres que l'objet 24. Les objets 27 à 30 visent à expérimenter le fractionnement ou l'ajout de 30 kg N/ha sur l'apport à la dernière feuille ou en début de la floraison. L'objectif de cette démarche est de vérifier l'éventuel intérêt d'apports tardifs pour améliorer les qualités protéiniques pour les variétés planifiables.

### 3. Fertilisation azotée en froment d'hiver

**Tableau 3.3 – Rendements phytotechniques et économiques (qx/ha), nombre de grains/m<sup>2</sup> (grains/m<sup>2</sup>), la quantité d'azote dans les grains (kg N/ha), le poids de 1000 grains PMG (g), le poids à l'hectolitre PHL (kg/hl), la teneur en protéines (%), du Zélény (ml), la valeur du rapport du zélény sur le taux de protéine, le nombre de grains/m<sup>2</sup> (grains/m<sup>2</sup>), le nombre d'épis/m<sup>2</sup> (épis/m<sup>2</sup>), le nombre de grains/épis (grains/épis) et la quantité d'azote exportée par le grains (kgN/ha) qui ont été mesurés dans l'essai « fumure azotée » de Lonzée pour une variété fourragère (Safari).**

N°	T	TR	Red	DF	Deb Flo	Total [Kg N/ha]	Rdt Phyto [qx /ha]	Rdt Eco [qx /ha]	P/HL [kg /hl]	Prot. [%]	Zel [ml]	Z/P	PMG [g]	Nbr grains [grains / m²]	nbre épis [épis / m²]	grains / épi	Qtot N grains [Kg N/ha]
1						0	90,3	90,3	75,0	9,3	22,4	2,4	49,9	18112	303,3	59,8	134,3
2				60		60	103,2	99,6	76,6	10,5	26,3	2,5	50,02*	20867	293,3	65,3	175,9
3			60			60	101,2	97,6	76,0	10,6	25,3	2,4	47,6	21253	389,0	57,1	171,1
4	60					60	105,7	102,1	75,8	9,7	22,9	2,4	48,2	21928	401,3	56,4	164,8
5			60	60		120	118,0	110,9	77,4	11,2	27,5	2,5	48,3	24465	373,3	63,9	211,3
6	60			60		120	122,0	114,9*	77,1	10,7	26,4	2,5	48,8	24985	387,7	66,3	209,6
7	60		60			120	116,7	109,6	76,4	10,5	25,2	2,4	46,5	25168	417,7	59,6	196,1
8	60		60	60		180	117,3	106,6	77,4	11,4	27,4	2,4	46,3	25756	422,0	56,0	217,2
9				90		90	106,0	100,6	77,1	11,0	27,3	2,5	49,1	20540	354,3	58,0	195,5
10			90			90	116,8	111,5	76,3	10,4	24,7	2,4	47,6	24592	445,3	54,3	194,3
11	90					90	107,7	102,3	76,2	10,1	24,2	2,4	48,7	22130	441,3	46,6	173,3
12			90	90		180	119,8	109,1	77,8	11,9	29,4	2,5	47,5	26047	364,3	71,4	235,0*
13	90			90		180	116,8	106,1	77,6	11,4	27,8	2,4	47,3	24697	427,7	56,4	212,3
14	90		90	-		180	114,4	103,7	77,0	11,0	26,7	2,4	46,0	24864	495,7	47,8	201,9
15	90		90	90		270	122,45*	106,5	77,5	11,9	30,3	2,56*	46,0	26657	508,7	51,7	232,3
16				120		120	113,5	106,4	77,4	11,5	29,1	2,5	46,8	25391	321,0	76,9*	218,9
17			120			120	113,3	106,2	77,1	10,8	26,3	2,4	46,6	24332	397,7	62,2	196,6
18	120					120	113,1	106,0	76,6	10,8	25,8	2,4	45,6	24845	422,3	53,5	194,8
19			120	120		240	119,0	104,7	77,7	11,8	29,1	2,5	45,1	26297	361,3	67,5	223,6
20	120		-	120		240	120,3	106,1	77,7	11,9	28,8	2,4	46,7	26050	454,7	58,6	231,1
21	120		120	-		240	119,7	105,4	77,2	11,8	29,6	2,5	45,5	26328	454,3	58,7	225,5
22	120		120	120		360	115,1	93,8	77,3	12,3*	31,1*	2,5	41,5	27810	483,3	64,8	225,8
23	60		50	65		175	119,3	108,9	77,3	11,2	27,1	2,4	47,9	25025	424,3	74,3	212,9
24	50		40	55		145	112,0	103,4	77,5	11,2	27,3	2,4	47,8	23425	378,7	63,9	200,8
25		90		85		175	121,8	111,4	77,5	11,6	29,0	2,5	46,2	26359	451,0	58,9	226,0
26		80		75		155	115,6	106,4	77,7	11,5	28,2	2,4	48,7	24115	484,7	52,9	216,8
27	90		30	60		180	119,2	108,6	77,8	11,5	28,4	2,5	46,9	25490	468,7	54,6	220,1
28	90		60	30		180	117,0	106,4	77,4	11,4	28,3	2,5	45,8	25564	436,7	58,5	212,9
29	80		40	60		180	115,6	104,9	77,3	11,1	27,0	2,4	46,0	25203	426,7	58,8	205,9
30	50		40	55	30	175	118,5	108,2	77,9*	11,0	27,0	2,4	48,4	24555	489,0	49,7	209,2
31	30		30	30		90	100,8	95,5	76,6	10,5	24,8	2,4	48,1	20961	350,3	59,9	168,7
32	105		105	105		315	114,2	95,5	77,5	12,1	30,8	2,5	44,2	25556	509,23*	49,4	217,8

\*\* Chaque valeur en gras représente la valeur la plus élevée observée pour le rendement phytotechnique (qx/ha), le rendement économique (qx/ha), le pois à l'hectolitre (kg/hl), le taux de protéine (%), le zélény (ml), la valeur du rapport du zélény sur le taux de protéine, le poids de 1000 grains (g), le nombre de grains/m<sup>2</sup> (grains/m<sup>2</sup>), le nombre d'épis/m<sup>2</sup> (épis/m<sup>2</sup>), le nombre de grains/épis (grains/épis) et la quantité d'azote exportée par le grains (kgN/ha). Les cases grisées sont les objets statistiquement équivalents à la valeur maximale

**Tableau 3.4 – Rendements phytotechniques et économiques (qx/ha), nombre de grains/m<sup>2</sup> (grains/m<sup>2</sup>), la quantité d'azote dans les grains (kg N/ha), le poids de 1000 grains PMG (g), le poids à l'hectolitre PHL (kg/hl), la teneur en protéines (%), du Zélény (ml), la valeur du rapport du zélény sur le taux de protéine, le nombre de grains/m<sup>2</sup> (grains/m<sup>2</sup>), le nombre d'épis/m<sup>2</sup> (épis/m<sup>2</sup>), le nombre de grains/épis (grains/épis) et la quantité d'azote exportée par le grains (kgN/ha) qui ont été mesurés dans l'essai « fumure azotée » de Lonzée pour une variété panifiable (Mentor).**

N°	T	TR	Red	DF	Deb Flo	Total [Kg N/ha]	Rdt Phyto [qx/ha]	Rdt Eco [qx/ha]	P/HL [kg /hl]	Prot. [%]	Zel [ml]	Z/P	PMG [g]	Nbr grains [grains / m²]	nbre épis [épis / m²]	grains / épi	Qtot N grains [Kg N/ha]
1						0	100,3	100,3	77,0	9,4	24,8	2,6	<b>43,6*</b>	23028	329,0	74,6	150,5
2				60		60	111,3	110,7	76,7	11,1	31,6	2,8	37,6	29911	398,0	<b>80,2*</b>	197,0
3			60			60	115,5	115,0	77,6	10,0	26,9	2,7	40,7	28423	466,3	60,5	184,9
4	60					60	113,2	112,7	77,4	9,9	26,1	2,6	41,4	27335	444,7	61,3	178,6
5			60	60		120	118,5	117,4	77,6	10,7	30,3	2,8	39,6	29922	436,7	70,4	203,4
6	60			60		120	119,9	118,8	77,9	10,8	29,0	2,7	40,1	29957	451,0	67,2	206,6
7	60		60			120	118,4	117,3	77,4	10,5	28,3	2,7	38,0	31180	453,3	68,7	199,2
8	60		60	60		180	119,3	117,7	77,0	11,6	33,4	2,9	36,4	32761	490,0	66,7	220,5
9				90		90	115,9	115,1	78,2	11,2	30,8	2,7	40,8	28481	389,7	72,3	208,4
10			90			90	113,9	113,1	77,4	10,5	28,3	2,7	39,6	28789	430,0	66,7	190,6
11	90					90	114,7	113,9	77,5	10,1	26,4	2,6	39,4	29135	447,7	64,8	184,7
12			90	90		180	120,6	119,0	77,4	11,9	34,7	2,9	38,6	31295	464,7	67,8	228,8
13	90			90		180	120,8	119,2	77,3	11,3	32,0	2,8	37,3	32409	469,0	70,3	217,9
14	90		90	-		180	118,2	116,6	76,8	11,3	32,5	2,9	35,6	33208	475,7	69,0	213,0
15	90		90	90		270	115,1	112,7	75,6	12,3	37,4	3,0	33,0	<b>34910*</b>	521,0	67,6	226,7
16				120		120	117,8	116,7	<b>78,4*</b>	11,6	33,6	2,9	41,2	28633	376,7	75,0	218,9
17			120			120	115,9	114,8	77,1	10,6	29,1	2,8	38,7	29961	455,3	65,6	195,7
18	120					120	118,6	117,5	77,6	10,8	29,9	2,8	38,2	31028	496,7	63,0	205,1
19			120	120		240	120,4	118,2	76,9	12,2	<b>37,8*</b>	<b>3,1*</b>	36,7	32844	440,0	73,8	<b>235,6*</b>
20	120		-	120		240	119,9	117,8	76,5	11,9	35,1	3,0	34,7	34593	460,0	76,2	228,1
21	120		120	-		240	112,4	110,2	76,1	12,0	37,0	3,1	34,4	32687	<b>536,7*</b>	60,9	215,8
22	120		120	120		360	112,6	109,4	75,1	<b>12,5*</b>	37,7	3,0	33,8	33552	520,0	63,7	223,9
23	60		50	65		175	119,9	118,4	77,2	11,1	31,4	2,8	37,4	32121	462,0	70,1	212,6
24	50		40	55		145	119,7	118,4	77,5	10,9	29,9	2,7	36,9	32464	435,3	74,2	209,2
25		90		85		175	<b>121,4</b>	<b>119,9*</b>	77,3	11,5	32,8	2,9	37,6	32256	447,7	72,5	223,2
26		80		75		155	120,2	118,8	77,7	11,2	32,5	2,9	37,9	31726	443,3	71,5	215,3
27	60		60	30	30	180	119,8	118,2	77,8	11,4	33,1	2,9	37,5	31965	482,3	66,7	218,2
28	60		60	60	30	210	120,6	118,7	77,5	11,7	34,1	2,9	36,3	33255	454,3	74,0	225,6
29	60		60	90		210	120,6	118,7	76,6	12,0	35,1	2,9	35,7	33753	483,3	69,3	231,8
30	50		40	55	30	175	120,7	119,2	77,4	11,7	34,2	2,9	36,5	33122	446,7	74,2	226,5

\* Chaque valeur en gras représente la valeur la plus élevée observée pour le rendement phytotechnique (qx/ha), le rendement économique (qx/ha), le poids à l'hectolitre (kg/hl), le taux de protéine (%), le zélény (ml), la valeur du rapport du zélény sur le taux de protéine, le poids de 1000 grains (g), le nombre de grains/m<sup>2</sup> (grains/m<sup>2</sup>), le nombre d'épis/m<sup>2</sup> (épis/m<sup>2</sup>), le nombre de grains/épis (grains/épis) et la quantité d'azote exportée par le grains (kgN/ha). Les cases grisées sont les objets statistiquement équivalents à la valeur maximale

Enfin, l'essai caractérisé par une variété fourragère (Tableau 3.3) est défini avec 32 modalités. Les 22 premières modalités permettent de déterminer les surfaces de réponse. Les objets 23 à 26 sont issus du conseil de fumure du Livre Blanc de Février 2019. Les modalités 27 et 29 correspondent à des fumures issues de la méta-analyse présentée dans le Livre Blanc de février 2018. Les objets 28 et de 30 à 32 correspondent à des fumures plus spécifiques. La modalité 28 est une fumure dégressive. Un fractionnement en 4 apports est présent pour l'objet 30 et les objets 31 et 32 sont caractérisés par des fumures extrêmes (Fumure total de 90 kg N/ha et de 315 kg N/ha).

- **Rendements phytotechnique et économique**

Le rendement phytotechnique maximal pour une variété fourragère s'élève à 122.45 qx/ha (Tableau 3.3). Il est obtenu avec une fumure totale de 270 kg N/ha (90-90-90). Des rendements statistiquement équivalents sont obtenus avec des fumures totales plus élevées et avec des fumures totales beaucoup plus faibles. Ces fumures sont mises en évidence dans les cellules en gris dans la colonne « Rdt Phyto [qx/ha] » du Tableau 3.3. Pour la variété Mentor, panifiable, le rendement phytotechnique maximal s'élève à 121.4 qx/ha (Tableau 3.4). Il est obtenu avec une fumure totale de 175 kg N/ha. Le fractionnement est réalisé en deux apports. Le premier est appliqué au stade de tallage-redressement et le second à la dernière feuille. Des rendements statistiquement équivalents sont obtenus avec des fumures totales plus élevées et également avec des fumures totales beaucoup plus faibles. Ces fumures sont mises en évidence dans les cellules en gris dans la colonne « Rdt Phyto [qx/ha] » du Tableau 3.4.

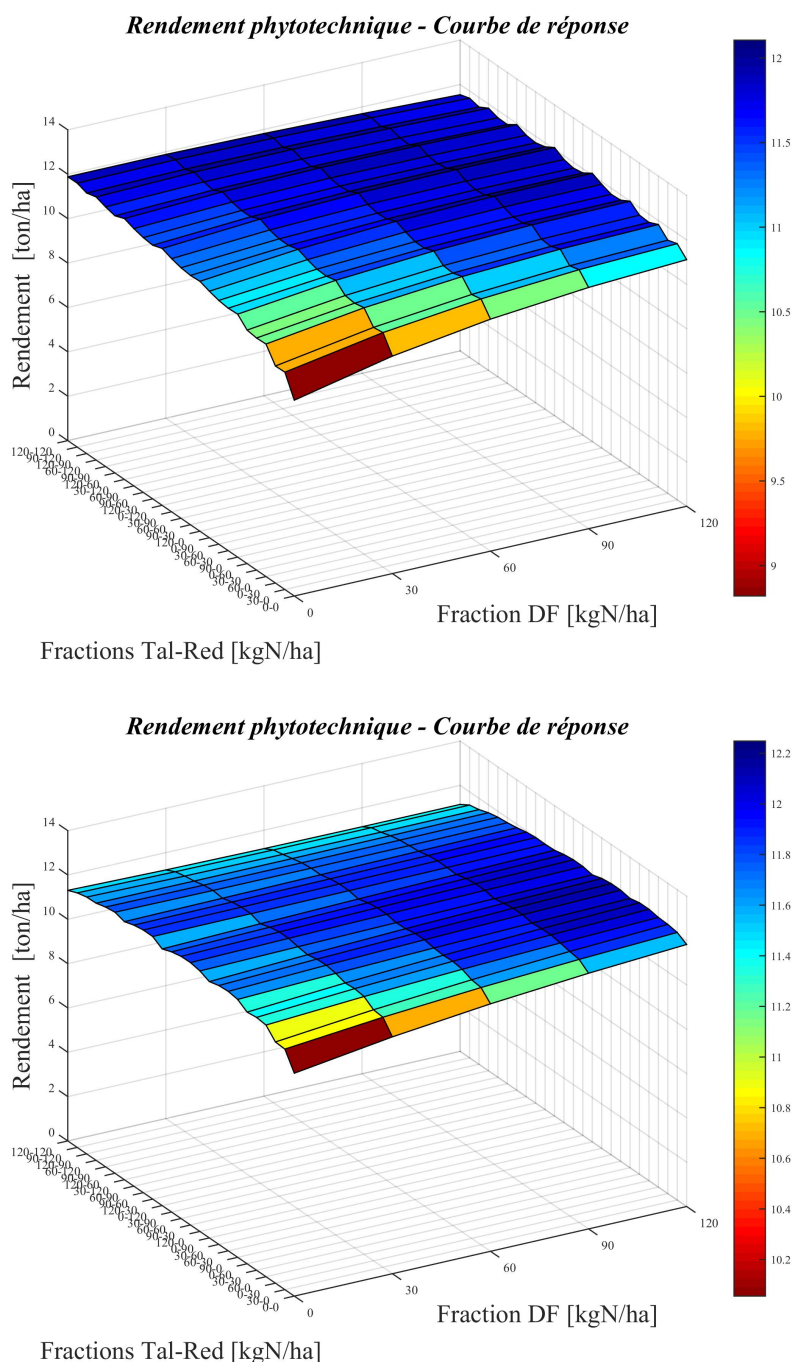
Les résultats de ces essais aboutissent à une surface de réponse du rendement phytotechnique à la fertilisation azotée relativement lissée (Figure 3.3). Cela signifie qu'une majorité des fumures appliquées donne des rendements équivalents d'un point de vue statistique. Pour la variété Safari, fourragère, le rendement économique optimal s'élève à 114,9 qx/ha et est obtenu avec une fumure totale de 120 kg N/ha (60-00-60). D'autres fumures ont permis d'atteindre ce rendement économique statistiquement équivalent (cellules en gris dans la colonne « Rdt eco [qx/ha] » du Tableau 3.3. En effet, tenant compte du coût de l'engrais, et plus précisément du coût de l'engrais exprimé en équivalent rendement, les fumures excessives n'apportent pas un gain supplémentaire. Pour illustrer cela, la Figure 3.5 présente le rendement économique et le coût en équivalent rendement de la fertilisation appliquée, en fonction des doses totales croissantes d'engrais (variété Safari en haut et variété Mentor en bas). Dans les deux situations, une sur-fertilisation conduit à des pertes économiques.

Le rendement économique optimal de la variété panifiable, Mentor, s'élève à 119,9 qx/ha et est obtenu avec une fumure totale de 175 kg N/ha (fractionnement en deux apports). Comme pour l'essai avec une variété fourragère, une fertilisation faible entraîne des rendements économiques moins importants (Figure 3.4). Cela s'explique par la capacité à ne pas développer de manière optimale ces composantes de rendements (voir article détaillé sur les composantes du rendement dans le Livre Blanc de Février 2018 dans le point 2.2 de la partie sur la fertilisation azotée).

L'essai avec la variété Safari, permet de justifier le conseil adapté issu du Livre Blanc de Février 2019. En effet, les objets 23 à 26 ont tous atteint les rendements phytotechniques et économiques optimums avec un fractionnement de la fumure en deux (fumure totale de 145 kg N/ha) ou en trois apports (fumure totale de 145 kg N/ha). La variété Mentor permet également de justifier le conseil adapté du Livre Blanc en fumure azotée de 2019. L'application de la fumure en deux apports (objet 26 ; 80N au tallage-redressement – 75N à la dernière feuille) et en trois apports (objet 24 ; 50N au tallage – 40N au redressement – 55N à la dernière feuille) ont permis d'atteindre des rendements phytotechniques et économiques optimums.

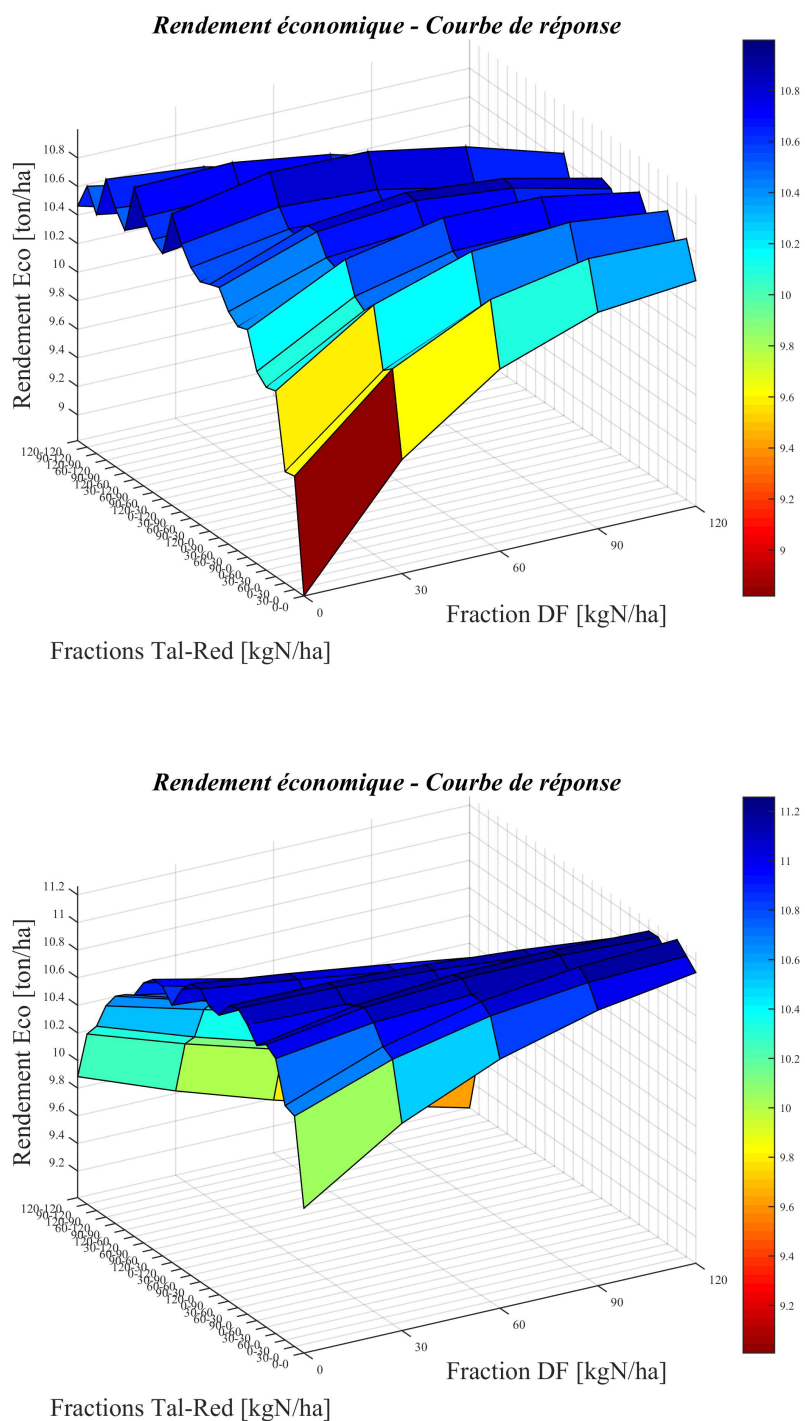
*Dans les deux essais réalisés à Lonzée, les deux fumures qui avaient été préconisées lors du Livre Blanc de Février 2019\* et adaptées selon les recommandations aux conditions de l'essai et de la culture ont permis d'atteindre des rendements phytotechniques et des rendements économiques optimum.*

*\*en trois fractions : 60N au tallage – 50 N au redressement – 65 N à la dernière feuille ; en deux fractions : 90 N au tallage-redressement – 85 N à la dernière feuille.*

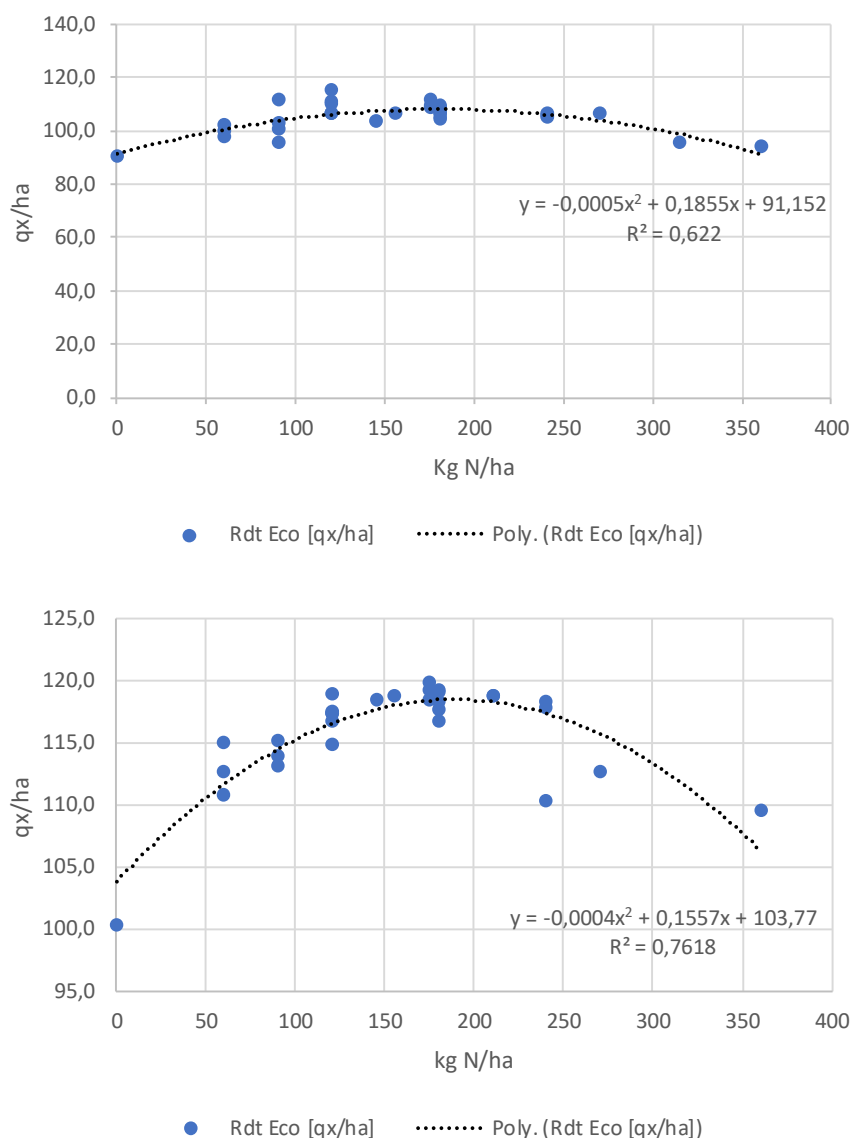


**Figure 3.3 – Surface de réponse à la fertilisation azotée du rendement phytotechnique observée dans l'essai fumure pour une variété fourragère (en haut) et pour une variété panifiable (en bas) sur un plan à trois dimensions pour respectivement les variétés Safari et Mentor - Lonzée 2019.**

### 3. Fertilisation azotée en froment d'hiver



**Figure 3.4 – Surface de réponse à la fertilisation azotée du rendement économique observée dans l'essai fumure pour une variété fourragère (en haut) et pour une variété panifiable (en bas) sur un plan à trois dimensions pour respectivement les variétés Safari et Mentor. Les rendements économiques (Qx/ha) sont exprimés - Lonzée 2019.**



**Figure 3.5 – Courbe de réponse du rendement économique du froment à la dose totale de fumure azotée appliquée – Essais Fumures de Lonzée pour la variété Safari (en haut) et la variété Mentor (en bas) 2019 Gx-ABT, ULiège.**

- **Poids de mille grains (PMG) et Poids à l'hectolitre (P/HL)**

Les poids de mille grains sont faibles pour l'essai avec la variété Mentor ; 37.8 grammes en moyenne. L'année 2018 a été marquée par des valeurs plus élevées avec par exemple une moyenne à 52.4 grammes pour l'essai fumure avec la variété Edgar. Le second essai (variété Safari) possède des poids de mille grains plus proches de ceux de l'année 2018 ; 47.0 grammes en moyenne. Un poids de mille grains minimal de 41,5 grammes et maximal de 50,0 est obtenu pour cet essai.

Ensuite, le poids à l'hectolitre de ces deux essais est inférieur à 80 kg/hl. Une valeur moyenne de 77,1 kg/hl et 77,2 kg/hl caractérise, respectivement, le poids à l'hectolitre pour l'essai « Mentor » et l'essai « Safari ». Le poids à l'hectolitre caractérisant l'essai « Safari », ayant été obtenu avec des fumures totales inférieures à 120 kg N/ha et n'ayant pas reçu de

### 3. Fertilisation azotée en froment d'hiver

---

fertilisation à la dernière feuille, est plus faible. Les objets 1, 3, 4, 7, 10, 11 et 18 sont donc statiquement différents de l'objet 30 (poids à l'hectolitre le plus élevé). De plus, ce constat est également valable pour les objets 2 et 31, ceux-ci étant caractérisés par un apport à la dernière feuille de fumure, mais la fumure totale est alors inférieure à 100 kg N/ha.

Pour l'essai « Mentor », le poids à l'hectolitre le plus important est observé pour l'objet 16 avec une valeur de 78,4 kg/hl. Les fumures totales ayant reçu plus de 210 kg N/ha offrent des poids spécifiques plus faibles hormis pour les objets 28 et 32. Ces deux objets sont alors statistiquement équivalents à l'objet 16.

- **Teneur en protéines, Indice Zélény et rapport Zélény sur Protéines (Z/P)**

Dans les deux essais « Safari » et « Mentor », l'objet 22, caractérisé par la fumure la plus forte (360 kg N/ha), présente logiquement la teneur en protéines la plus élevée. Ce taux élevé de protéines est dû à la fertilisation azotée exagérée de cet objet. Cette année, les taux de protéines ont été impactés négativement par les rendements élevés qui ont été observés. En moyenne, le taux de protéines est légèrement supérieur à 11%.

Ensuite, l'essai « Safari » possède des valeurs de teneurs en protéines statistiquement équivalentes à l'objet 22 pour les modalités ayant reçues des fumures totales égales ou supérieures à 175 kgN/ha hormis pour les objets 14, 29 et 30. Quant à l'essai « Mentor », les objets 12, 15, 16, de 19 à 21 et de 28 à 30, ayant reçu des fumures totales égales ou supérieures à 175 kgN/ha, sont statistiquement équivalents à l'objet 22 au contraire des protocoles 8, 13, 14, 25 et 27.

L'indice Zélény a une valeur moyenne de 27,2 ml et de 31,9 ml pour, respectivement, l'essai « Safari » et l'essai « Mentor ». Les rapports moyens Z/P de ces essais sont 2,45 pour l'essai « Safari » et de 2,84 propre à l'essai « Mentor ».

- **Nombres de grains/m<sup>2</sup>, nombres d'épis/m<sup>2</sup>, nombres de grains/épis et quantité d'azote dans les grains (Kg N/ha).**

Un nombre de grains par mètre carré et un nombre d'épis par mètre carré élevé est lié à des fertilisations azotées importantes. Les données les plus élevées sont, respectivement, de 27810 grains/m<sup>2</sup> (objet 22 ; 360 kg N/ha) et de 509 épis/m<sup>2</sup> (objet 32 ; 315 kg N/ha) pour l'essai « Safari » ainsi que de 34910 grains/m<sup>2</sup> (objet 15 ; 270 kg N/ha) et de 536 épis/m<sup>2</sup> (objet 21 ; 240 kg N/ha) pour l'essai « Mentor ».

Une fertilisation relativement faible a permis d'obtenir un nombre de grains par épis plus important. L'objet 16 (120 kg N/ha ; essai « Safari ») et l'objet 2 (60 kg N/ha ; essai « Mentor ») possède le plus grand nombre de grains/épis avec des valeurs respectives de 76,9 grains/épis et de 80,2 grains/épis.

Les données de l'essai « Mentor » concernant la quantité d'azote présente dans les grains ont illustré l'importance de l'apport de la fumure à la dernière feuille. En effet, l'ensemble des objets ayant reçu au minimum de 180 kg N/ha comme fumure totale ainsi qu'un apport de fertilisation à la dernière feuille ont alors des valeurs de quantité d'azote dans les grains statiquement équivalents à la valeur la plus élevée (236,5 kg N/ha pour l'objet 19). Seul l'objet 25 ne répond pas à cette observation puisqu'il s'agit d'une fumure en deux apports.



Néanmoins, la fumure totale (175 kg N/ha) de cet objet est très proche de la fumure de 180 kgN/ha et l'apport appliqué à la dernière feuille est important (85 kgN/ha), cet objet est donc également statistiquement équivalent à l'objet 19.

Les objets 14 et 21 ont bien des fumures égales ou supérieures à 180 kg N/ha cependant ils exportent une quantité d'azote dans les grains plus faible car ils n'ont pas reçu de fertilisation à la dernière feuille.

#### • Efficacité d'un quatrième apport sur la teneur en protéine

Les objets présents dans le Tableau 3.5 permettent de tester l'efficacité d'un quatrième apport d'azote au stade floraison. Les objets 27, 28 et 30 sont conduits avec une fertilisation en 4 passages. Ces 2 premiers objets sont dérivés, de l'objet 8 (60-60-60 kg N/ha). L'objet 29 représente également une forme dérivée de la fumure de l'objet 8 tout en conservant une fumure en trois passages. Ces objets diffèrent de l'objet 8 par :

- la division de l'apport de dernière feuille (60 kg N/ha) en deux fractions, un premier apport réduit au stade dernière feuille (30 kg N/ha) et ensuite un apport de 30 kg N/ha au début de la floraison pour l'objet 27 ;
- l'ajout de 30 kg N/ha au début de la floraison (objet 28) ;
- l'ajout de 30 kg N/ha au stade dernière feuille (objet 29).

**Tableau 3.5 – Rendements phytotechniques et économiques (qx/ha), poids à l'hectolitre PHL (kg/hl), la teneur en protéines (%), Zélény (ml) et le rapport Zélény sur la teneur en protéines, poids de 1000 grains PMG (g), nombre de grains/m<sup>2</sup> (grains/m<sup>2</sup>), nombre de épis/m<sup>2</sup> (épis/m<sup>2</sup>), nombre de grains/épis, et de la quantité d'azote dans les grains (Kg N/ha) observés dans l'essai « fumure azotée » de la variété Mentor pour les objets 1, 8, 24 et 27 à 30 de Lonzée.**

N°	T	TR	Red	DF	Deb Flo	Total [Kg N/ha]	Rdt Phyto [qx/ha]	Rdt Eco [qx/ha]	P/HL [kg /hl]	Prot. [%]	Zel [ml]	Z/P	PMG [g]	Nbr grains [grains / m <sup>2</sup> ]	nbre épis [épis / m <sup>2</sup> ]	grains / épi	Qtot N grains [Kg N/ha]
1						0	100,3	100,3	77,0	9,4	24,8	2,6	43,6*	23028	329,0	74,6	150,5
8	60		60	60		180	119,3	117,7	77,0	11,6	33,4	2,9	36,4	32761	490,0	66,7	220,5
24	50		40	55		145	119,7	118,4	77,5	10,9	29,9	2,7	36,9	32464	435,3	74,2	209,2
27	60		60	30	30	180	119,8	118,2	77,8	11,4	33,1	2,9	37,5	31965	482,3	66,7	218,2
28	60		60	60	30	210	120,6	118,7	77,5	11,7	34,1	2,9	36,3	33255	454,3	74,0	225,6
29	60		60	90		210	120,6	118,7	76,6	12,0	35,1	2,9	35,7	33753	483,3	69,3	231,8
30	50		40	55	30	175	120,7	119,2	77,4	11,7	34,2	2,9	36,5	33122	446,7	74,2	226,5

\*\* Chaque valeur en gras représente la valeur la plus élevée observée pour le rendement phytotechnique (qx/ha), le rendement économique (qx/ha), le pois à l'hectolitre (kg/hl), le taux de protéine (%), le zélény (ml), la valeur du rapport du zélény sur le taux de protéine, le poids de 1000 grains (g), le nombre de grains/m<sup>2</sup> (grains/m<sup>2</sup>), le nombre d'épis/m<sup>2</sup> (épis/m<sup>2</sup>), le nombre de grains/épis (grains/épis) et la quantité d'azote exportée par le grains (kgN/ha). Les cases grisées sont les objets statistiquement équivalents à la valeur maximale

Ensuite, l'objet 30 est comparable à l'objet 24 (50-40-55 kg N/ha – fumure conseillée et adaptée selon le Livre Blanc de février 2019). Cet objet a alors reçu 30 kg N/ha qui a été appliqué lors d'une quatrième fraction. Cet apport supplémentaire est réalisé au début de la floraison. La fumure totale passe donc de 145 kg N/ha à 175 kg N/ha.

L'apport d'une fumure supplémentaire de 30 kg N/ha au stade floraison n'apporte qu'une centaine de kilogrammes de rendement en plus (non significatif statistiquement) cependant un gain en qualité est bien présent (significatif statistiquement) pour les objets 24 et 30. Les valeurs du taux de protéines, du Zélény et du rapport Z/P sont plus intéressantes avec cet ajout de fertilisation (30 kg N /ha) au stade début floraison.

### 3. Fertilisation azotée en froment d'hiver

---

Cette observation peut également être réalisée entre les objets 8 et 28 et l'ajout de cette fertilisation à la dernière feuille permet un effet positif sur le taux de protéines. L'analyse de l'objet 29 par rapport aux objets 8 et 28 nuance cependant cet effet positif. Cet objet est également caractérisé par un ajout supplémentaire de 30 kg N/ha qui est alors appliqué à la dernière feuille. De plus, cet apport en trois passages est plus intéressant que ce même apport en quatre passages (non significatif statistiquement).

Dans le cadre d'un quatrième passage, ces gains ne sont donc pas rentabilisés compte tenu de l'accroissement du coût de fertilisation.

## 2.2 Les éléments à considérer pour une recommandation pratique

- **Les objectifs de la recommandation**

Le raisonnement de la fumure selon la méthode du « Livre Blanc Céréales » a et a toujours eu pour objectif principal de s'approcher le plus près possible de l'optimum économique (rendement phytotechnique duquel sont soustraits les coûts liés à la fertilisation).

Le raisonnement de la fumure est intégré dans un mode de conduite de la culture où la densité de semis est modérée et où les interventions visant à protéger la culture de la verse et des maladies cryptogamiques sont raisonnées elles aussi en fonction de leur rentabilité.

**Les recommandations de fractionnement visent à :**

- ❖ Minimiser le risque de mauvais rendements ;
- ❖ Optimiser la rentabilité (rendement économique) ;
- ❖ Réduire les risques de verse ;
- ❖ Minimiser le risque de développement des maladies ;
- ❖ Satisfaire aux normes technologiques.

**Les fumures azotées préconisées permettent également de limiter au maximum les déperditions d'azote nuisibles à l'environnement en :**

- ❖ Réduisant au minimum les reliquats d'azote après culture et en les limitant dans les horizons supérieurs du profil ;
- ❖ Epuisant les reliquats azotés de la culture précédente ;
- ❖ Limitant les pertes par voie gazeuse.

*Une fertilisation azotée raisonnée permet d'optimiser la production et la rentabilité de la culture, tout en minimisant les risques de pertes culturales (maladie, verse) et environnementales (émissions de N<sub>2</sub>O, reliquat).*

- **Les conditions climatiques lors de l'automne et de l'hiver 2019-2020**

Du mois d'août jusqu'au mois d'octobre inclus, la température moyenne sous abri enregistrée sur la station d'Ernage était supérieure à la normale saisonnière (Tableau 3.6). Ensuite le mois de novembre a connu un retour à des températures légèrement inférieures à la moyenne

saisonnière. Des températures supérieures à la normale saisonnière ont été enregistrées pour le mois de décembre (supérieur de plus de 2 degrés). La somme des températures est donc plus élevée pour ce début de saison culturale. De plus, le nombre de jours de gel comptabilisés est à ce jour (6/2/20) très faible.

Ensuite, la pluviométrie pour le mois d'août et le mois de septembre a été inférieure aux précipitations normales observées. Octobre a été marqué par des précipitations abondantes. En effet, on a pu observer des précipitations de l'ordre de 105,1 mm plutôt que 69,2 mm qui sont normalement attendus. Ensuite, les mois de novembre et de décembre ont connu une pluviométrie proche de la normale. Enfin, le mois de janvier a été plus chaud qu'à l'habitude (5.3°C en moyenne). La saison hivernale peut être considérée comme une saison chaude et humide par rapport aux dernières années.

**Tableau 3.6 – Températures moyenne de de l'air sous abri et précipitations moyennes enregistrées en 2018-2019 (Ernage - Gembloux).**

	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier
<b>Température moyennes Air [C°]</b>						
Observées	18,4	14,6	11,7	6,1	5,5	5,3
Normales	17,1	14,1	10,6	6,2	3,3	2,5
<b>Précipitations [mm]</b>						
Observées	64	37,8	105,1	59,5	80	46,3
Normales	82	62,4	69,2	67,9	75,8	69,4

#### • La situation moyenne du profil en azote minéral du sol au 5 février 2020

Au 5 février 2020, pas moins de 101 parcelles ont déjà été échantillonnées par les services provinciaux du Hainaut(Ath), par le CRA-W Unité Fertilité des sols et Protection des eaux, par Gembloux Agro-Bio Tech, ULiège (GRENeRA et Unité de Phytotechnie) sur une grande partie de la Région wallonne en veillant à l'étendre à des situations culturales suffisamment contrastées, notamment en fonction des précédents culturaux. De plus, des résultats postérieurs seront également disponibles grâce à la collaboration entre ces organismes et également grâce aux travaux réalisés par les services provinciaux de Liège (Tinlot), du Brabant Wallon (La Hulpe), de Namur (Ciney) et du Luxembourg (Michamps). L'échantillonnage des profils en froment d'hiver a été réalisé sur 90 cm de profondeur.

**Tableau 3.7 – Comparaison pour les 10 dernières années des réserves en azote minéral du profil du sol (kg N-NO3/ha) – CRA-W, Services provinciaux (Ath et Tinlot), GRENeRA de Gembloux Agro-Bio Tech, ULiège et de l'unité de Phytotechnie de Gx-ABT, ULiège.**

	Année	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011
	Nombre de situations	101	179	138	148	163	137	156	118	48	45
Profondeur (cm)	0-30	14	12	9	22	9	9	11	10	13	14
	30-60	20	30	11	34	12	13	14	13	20	19
	60-90	25	43	18	24	17	16	18	17	24	19
Total ( cm)	0-90	59	85	39	79	39	38	43	40	57	52

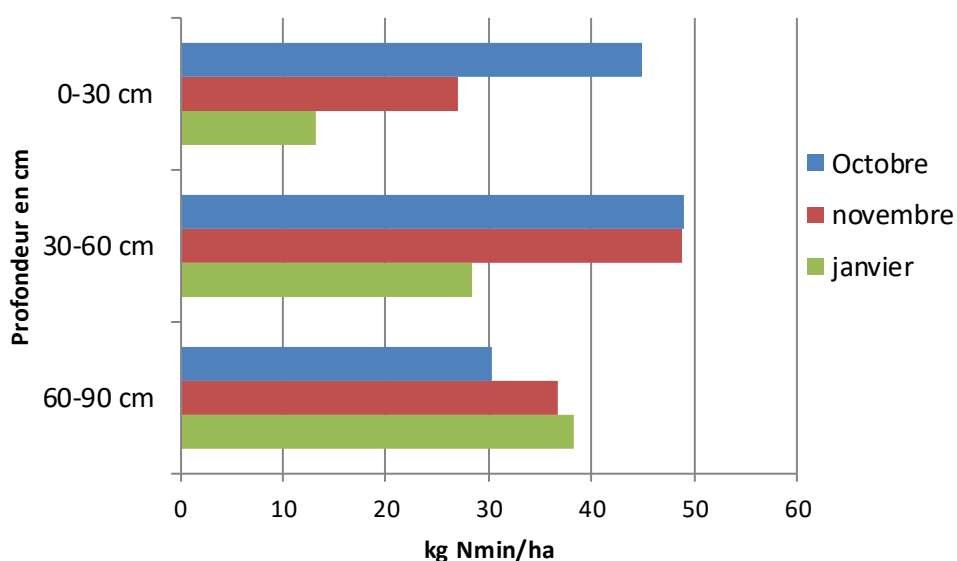
Le Tableau 3.7 révèle que le profil moyen en sortie d'hiver est moins riche qu'en 2019. Il est,

### 3. Fertilisation azotée en froment d'hiver

avec les données récoltées jusqu'au 5 février de 59 kg N/ha. La disponibilité en azote est donc plus faible que l'an dernier néanmoins elle reste plus importante que la teneur moyenne en azote minéral sur ces dix dernières années (53 kg N/ha). Cette richesse est due aux températures élevées des sols durant la fin de l'été et l'automne qui ont stimulé la minéralisation.

Il est également très intéressant de s'attarder sur la répartition de cet azote en profondeur. La première partie du profil (de 0 à 30 cm) contient 14 kg N/ha soit presque 25% de l'azote présent dans le profil azoté sur 90 cm de profondeur. La partie comprise entre 30 et 60 cm comporte 20 kg N/ha et le bas du profil compris entre 60 et 90 cm de profondeur est riche puisqu'on y observe en moyenne 25 kg N/ha (plus de 40% de l'azote présent dans le profil azoté).

La Figure 3.6 illustre l'évolution de la quantité d'azote présente dans le profil du sol en fonction du temps. Entre les mois d'octobre et de janvier, l'azote présent initialement dans le premier horizon a migré vers les deuxième et troisième horizons. De plus de 44 kg N/ha présent en octobre dans l'horizon 0-30 cm, on se retrouve en janvier avec en moyenne de seulement 13 kg N/ha dans ce même horizon. Cette importante migration de l'azote est due à la lixiviation consécutive aux précipitations importantes que nous avons connues ces derniers mois.



**Figure 3.6 – Illustration de la lixiviation observée durant l'automne et l'hiver 2019-2020 après cultures de pommes de terre dans le réseau de surveillance de GRENeRA. Quantités moyennes d'azote minéral en kg N/ha observées sur 10 parcelles en octobre, décembre et en janvier.**

Le reflet des profils azotés pour la Wallonie et pour l'ensemble des précédents est présenté dans le Tableau 3.8. Les profils les plus élevés sont pour les précédents culturaux de pomme de terre ainsi que des légumineuses. Dans ces deux situations, on retrouve plus de 80 kg N/ha. Les précédents froment\*, lin, betteraves, chicorée ainsi que colza montrent des profils azotés compris entre 40 kg N/ha et 53 kg N/ha (\* données présentes pour moins de 5 profils azotés). Enfin, après un précédent maïs on observe un profil azoté moyen de 64 kg N/ha.

Il est important de préciser que ces données sont le résultat de prélèvements et d'analyses réalisées dans la seconde partie du mois de janvier. Suite aux conditions climatiques de mi-janvier jusque début février (pluviométrie importante), il est fort probable que la quantité d'azote présente dans le profil soit plus faible dû à ces précipitations. La Figure 3.6 illustre ces propos entre des prélèvements réalisés en octobre jusque Janvier. De plus, une grande variabilité est présente dans les profils d'une part dû aux différentes conditions pédo-climatiques rencontrées en Wallonie et d'autre part dû aux nombres, peu importants, de profils pour certains précédents.

**Tableau 3.8 – Profils azotés moyens (en kg N/ha) observés sur 90 cm en froment d'hiver à travers des différentes provinces de Wallonie pour différents précédents culturaux (betterave, pommes de terre, colza, légumineuse, maïs, lin, froment d'hiver et chicorée).**

Wallonie										
	Précédent	Betterave	P.d.Terre	Colza	Légumineuse	Maïs	Lin	Froment *	Chicorée	moyenne
	Nb situation	21	30	8	9	18	5	4	6	101
Profondeur	0-30 cm	16	15	13	22	14	10	14	11	14
	30-60 cm	14	31	15	30	21	14	15	19	20
	60-90 cm	13	46	20	31	29	16	23	22	25
<b>Total</b>	<b>0-90 cm</b>	<b>43</b>	<b>92</b>	<b>47</b>	<b>83</b>	<b>64</b>	<b>40</b>	<b>52</b>	<b>53</b>	<b>59</b>
	Min	21	55	33	36	19	32	37	23	
	Max	71	164	64	147	118	56	70	98	

#### • Etat des cultures en sortie hiver

Dans les semis de la plateforme de Lonzée, à la date du 05 février 2020, les stades des froments observés dans les essais « dates de semis » sont :

- ❖ Semis de mi-octobre : plein tallage ;
- ❖ Semis de mi-novembre : 3-4 feuilles ;
- ❖ Semis de mi-janvier : germination.

Dans la majorité des emblavements, les cultures sont en bon état.

***Il est conseillé de réaliser des profils azotés dans vos parcelles afin de connaître la structure de votre sol et ainsi d'adapter au mieux la fertilisation azotée de vos cultures.***

#### 2.3 La détermination pratique de la fertilisation azotée

Ci-dessous vous trouverez quelques liens utiles afin de réaliser une fertilisation azotée optimale :

- ❖ Le rappel des principes théoriques d'une bonne fertilisation :  
<http://www.cereales.be/thematiques/fumures/froment/>
- ❖ Le rappel des étapes pour adapter sa fumure selon la méthode Livre Blanc :  
<http://www.cereales.be/thematiques/fumures/froment/determiner-sa-fumure/>
- ❖ Les tableaux pratiques pour le calcul de votre fumure sur champs :  
<http://www.cereales.be/thematiques/fumures/froment/determiner-sa-fumure/>

L'entièreté des documents présentés dans le Livre Blanc Céréales sont également disponibles sur le site internet ([www.livre-blanc-cereales.be](http://www.livre-blanc-cereales.be)), accessible en suivant le lien ou en utilisant le QR code à la Figure 3.7.



Figure 3.7 – QR code pour se rendre sur le site internet [www.livre-blanc-cereales.be](http://www.livre-blanc-cereales.be).

- **Les fumures de référence pour la saison 2019-2020**

La fumure de référence pour 2020 est basée sur les résultats d'une analyse pluriannuelle des essais fumures, ainsi que sur base des observations de ce début de saison décrites précédemment.

Il est important de préciser que même si les profils azotés sont élevés. L'azote est majoritairement présent dans le second et le troisième horizon et peu dans l'horizon superficiel à cause de la lixiviation. La fraction de tallage est donc, pour ces raisons, maintenue à 60 N. Les fractions de redressement et de dernière feuille sont maintenues par rapport à une année normale.

La fumure en deux fractions sera réservée aux situations les plus favorables. Une fumure totale de 185 kg N/ha est donc conseillée pour l'année culturale 2019-2020.

Il est donc déconseillé de faire l'impasse d'un apport en sortie d'hiver pour les cultures qui ne seront à la reprise de la végétation qu'au stade début tallage.

Cependant pour éviter une surfertilisation de la culture, en fonction du précédent cultural et de l'état de la culture une réduction de l'apport en azote au stade redressement et/ou dernière

feuille pourrait s'avérer nécessaire il faudra être très attentif aux correctifs proposés dans les tableaux ci-après et en cours de saison à l'état de la culture dans chaque parcelle.

Les deux fumures de références proposées en 2020 sont :

*En trois fractions :*

<b>Fraction du tallage (1<sup>ère</sup> fraction) :</b>	<b>60 N</b>
<b>Fraction du redressement (2<sup>ème</sup> fraction) :</b>	<b>60 N</b>
<b>Fraction de la dernière feuille (3<sup>ème</sup> fraction) :</b>	<b>65 N</b>

*En deux fractions :*

<b>Fraction intermédiaire « T-R »</b>	<b>90 N</b>
<b>Fraction de la dernière feuille</b>	<b>95 N</b>

Le conseil pourra évoluer en cours de saison en fonction des conditions de développement et de croissance des cultures.

Restez attentifs aux communiqués du CePiCOP durant la saison.

- **Choisir un schéma en deux ou en trois fractions**

A ce stade, les deux schémas de fractionnement sont adaptés. Le choix du schéma de fractionnement sera réfléchi selon votre parcelle et votre précédent. Dans tous les cas, il vous est recommandé de calquer votre schéma d'apport sur base des prévisions de précipitations et d'apporter votre fertilisation avant une pluie afin de maximiser l'efficacité du prélèvement d'engrais par la plante.

Une fertilisation en trois apports est à privilégier dans la majorité des situations. Elle est indispensable dans les circonstances suivantes :

- ❖ Structure de sol abîmée par des récoltes tardives ou en mauvaises conditions ;
- ❖ Terre à mauvais drainage naturel ;
- ❖ Sol complètement glacé ou refermé, dégâts d'hiver, de traitements herbicides, de parasites, déchaussements, ...
- ❖ Sol avec de faibles disponibilités en azote en sortie hiver ;
- ❖ Besoin en paille élevé sur l'exploitation ;
- ❖ Dans les semis tardif (après le 15 novembre) ;
- ❖ Dans le cas d'un précédent froment, afin de favoriser la progression racinaire et compenser l'effet néfaste des maladies du système racinaire ;
- ❖ Si la végétation est trop claire ou la densité de végétation faible en sortie d'hiver ;
- ❖ A fortiori, dans toutes les situations culturales où on soupçonne que le système racinaire du froment se développera difficilement et ne permettra pas à la culture de trouver dans le sol les quantités minimales d'azote dont elle a besoin pour assurer le développement d'un nombre suffisant de tiges.

### 3. Fertilisation azotée en froment d'hiver

---

Une fertilisation en deux fractions sera pour sa part encouragée dans les situations suivantes :

- ❖ Précédents culturels laissant des reliquats élevés, tels qu'après une culture de légumineuse, légumes ou pomme de terre ;
- ❖ Dans le cas d'un précédent betterave dont l'arrachage a été effectué précocement (avant le 15 octobre) dont le profil n'aurait pas été épuisé (voir analyse de sol) ;
- ❖ Dans le cas de semis précoces et/ou si la végétation est fortement avancée (la culture a déjà produit beaucoup de talles) ;
- ❖ Sur des parcelles où les restitutions de matières organiques sont importantes et/ou fréquentes ;
- ❖ Productions de froment destinées à une valorisation en meunerie.

- **Apporter une fraction complémentaire à l'épiaison ?**

Lorsque la fumure a été correctement calculée, un apport d'azote supplémentaire à l'épiaison ne se justifiera sans doute pas, sauf les années exceptionnelles. Dans la majorité des situations, les accroissements de rendement liés à un apport à l'épiaison sont, en effet, quasi nuls ; et cela pourrait aboutir à surfertiliser la culture et à augmenter le reliquat.

Un autre danger des fumures tardives (après le stade dernière feuille) trop importantes est en effet de retarder la maturation de la culture, ce qui, certaines années, pourrait s'avérer préjudiciable (difficulté de récolte, perte de qualité, indice de chute de Hagberg insuffisant).

*Un apport complémentaire d'azote autour du stade épiaison ne doit être appliqué qu'exceptionnellement et doit toujours être de faible importance.*

- **Calcul de la fertilisation selon la méthode Livre Blanc Céréales**

Quel que soit le fractionnement choisi, chaque apport devra être raisonné sur base des principes suivants :

- ❖ Au sein d'une même exploitation, chaque parcelle doit être considérée individuellement ; les conditions culturelles varient souvent entre parcelles (passé cultural, évolution de la culture, impact de l'environnement avoisinant) ;
- ❖ La dose de chacune des fractions est déterminée juste avant l'application. La fumure totale d'azote ne doit jamais être définie à la sortie de l'hiver mais résulte, au moment du dernier apport, de l'addition des fractions définies les unes après les autres.

Ces deux principes, via des correctifs appliqués aux doses de référence, permettent de prendre en compte les variabilités de fourniture d'azote par le sol et l'évolution en cours de saison de la culture (potentiel de rendement, enracinement, maladies, stress ou accident éventuel).



La formule générale pour le calcul des doses à appliquer reste donc toujours d'application :

$$\text{Dose à appliquer} = \text{Dose de référence} + N.TER + N.ORGAN + N.PREC + N.ETAT + \text{éventuellement } N.CORR$$

Nous insistons durant ce printemps 2020 sur l'importance de calculer les doses pour chaque parcelle et chaque fraction ; la variabilité des disponibilités entre les précédents culturaux et entre parcelles sont plus importantes que d'habitude eu égard aux disponibilités plus élevées que d'habitude dans les profils de sol.

#### 2.4 Calcul de la fumure azotée pour 2020

Les fumures de références en 2020 :

En trois fractions :

Fraction du tallage (1 <sup>ère</sup> fraction):	60 N
Fraction du redressement (2 <sup>ème</sup> fraction):	60 N
Fraction de la dernière feuille (3 <sup>ème</sup> fraction):	65 N

En deux fractions :

Fraction intermédiaire « T-R »	90 N
Fraction de la dernière feuille	95 N

*Quel que soit le système d'apport choisi, chaque fraction devra être raisonnée*

$$\text{Dose à appliquer} = \text{Dose de référence} + N.TER + N.ORGAN + N.PREC + N.ETAT + \text{éventuellement } N.CORR$$

La détermination de chacun des correctifs pour chaque fraction peut être calculée sur base des tableaux présentés ci-après.

### 3. Fertilisation azotée en froment d'hiver

#### 2.4.1 Détermination de N.TER, fonction du contexte sol-climat

Cette détermination se fait en deux étapes : définition de l'indice TER de la parcelle sous l'angle pédo-climatique (1.1.) et valeurs de N.TER correspondantes pour chaque fraction (1.2.).

##### 1.1 Définition de l'indice TER de la parcelle

TER = la somme des valeurs retenues dans les trois tableaux suivants

RÉGIONS	Nombre de fractions	Valeur
Famennne, Ardennes	3	3
Condroz, Fagne, Thudinie, Polders	2 ou 3	3
Hesbaye sèche, régions de Tournai, de Courtrai, d'Audenarde	2 ou 3	5
Toutes les autres régions	2 ou 3	4
<i>Inscrire ici la valeur retenue pour votre parcelle</i>		

##### Remarque :

Le choix d'une région déterminée entraîne déjà la prise en compte des caractéristiques des sols de cette région. Les rubriques « drainage » et « structure » permettent de prendre en compte des variations locales. Ainsi en Condroz, les sols ont par nature un moins bon drainage qu'en pleine Hesbaye, mais il existe des parcelles qui sont semblables à des bonnes terres de la région limoneuse (dont le drainage est donc EXCELLENT par rapport aux sols normaux du Condroz) et d'autres qui, par contre, restent gorgés d'eau très longtemps (pour qui le drainage doit être considéré comme MAUVAIS).

Au terme « drainage », on peut associer la rapidité de réchauffement des terres. Ainsi, en Basse et Moyenne Belgique mais aussi en Condroz ou en Polders, il existe des terres dites « froides » où le redémarrage de la culture est habituellement nettement plus lent que dans les autres terres de la région. Ces parcelles doivent être assimilées à des parcelles à drainage « MAUVAIS ».

DRAINAGE	Nombre de fractions	Valeur
Pour la région, le drainage de la parcelle est:		
MAUVAIS	3	-1
NORMAL	2 ou 3	0
EXCELLENT ( <i>uniquement dans le Condroz, voir remarque ci-dessus</i> )	2 ou 3	+1
<i>Inscrire ici la valeur retenue pour votre parcelle</i>		

STRUCTURE ET ARGILE	Nombre de fractions	Valeur
Si mauvaise structure ou terre abîmée lors de la récolte précédente	3	-1
Si terre argileuse, très lourde	2 ou 3	-1
Sinon	2 ou 3	0
Inscrire ici la valeur pour votre parcelle		

**Total des trois valeurs retenues = indice TER**

#### 1.2 Définition des valeurs de N.TER pour chaque fraction

Rechercher les valeurs de N.TER correspondant à l'indice TER calculé.

Indice TER	VALEUR DE N.TER POUR LA				
	3 fractions			2 fractions	
	1 <sup>ère</sup> fraction	2 <sup>ème</sup> fraction	3 <sup>ème</sup> fraction	Fraction intermédiaire	Fraction DF
TER 0 et 1	+ 25	+ 30	+ 5	Non recommandé	
TER 2	+ 20	+ 25	0	Non recommandé	
TER 3	+ 10	+ 20	0	+ 10	+ 20
TER 4	0	0	0	0	0
TER 5	- 15	- 15	+ 10	- 15	- 5

#### N. TER RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 37)

Vos parcelles	3 fractions			2 fractions	
	1 <sup>ère</sup> fraction T	2 <sup>ème</sup> fraction R	3 <sup>ème</sup> fraction DF	Fraction intermédiaire T-R	Fraction DF
Parcelle 1					
Parcelle 2					

### 3. Fertilisation azotée en froment d'hiver

#### 2.4.2 Détermination de N.ORGANIQUE, fonction de la richesse organique du sol

##### 1.3 Définition de la classe de richesse organique des sols pour la parcelle

Il s'agit ici de se placer dans une des catégories proposées en tenant compte beaucoup plus du régime des restitutions que des teneurs en matières organiques suite à l'analyse de sol. En effet, ces teneurs, même élevées, peuvent traduire une mauvaise dynamique et une lente minéralisation de la matière organique.

RÉGIME D'APPORT DES MATIÈRES ORGANIQUES	CLASSE ORGA
Restitutions organiques très faibles, pas d'apport d'effluent d'élevage, vente occasionnelle de pailles	1
Incorporation des sous-produits ou échange paille – fumier, <b>apport modéré</b> de matière organique tous les 3 à 5 ans	2
<b>Apport important</b> de matières organiques tous les 3 à 5 ans ou <b>fréquence élevée</b> de ces apports	3
Vieille prairie retournée depuis moins de 5 ans (=> <i>fractionnement en deux apports</i> )	4
Inscrire ici la classe ORGA correspondant à votre cas	

##### 1.4 Détermination des valeurs de N.ORGANIQUE pour chaque fraction

CLASSES	3 fractions			2 fractions	
	1 <sup>ère</sup> fraction T	2 <sup>ème</sup> fraction R	3 <sup>ème</sup> fraction DF	Fraction intermédiaire T-R	3 <sup>ème</sup> fraction DF
ORGA 1	+ 10	+ 10	0	Non recommandé	
ORGA 2	0	0	0	0	0
ORGA 3	-20	- 10	0	-30	0
ORGA 4	Apport en deux fractions recommandé			-30	-30

#### N.ORGANIQUE RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 37)

Vos parcelles	3 fractions			2 fractions	
	1 <sup>ère</sup> fraction T	2 <sup>ème</sup> fraction R	3 <sup>ème</sup> fraction DF	Fraction intermédiaire T-R	Fraction DF
Parcelle 1					
Parcelle 2					

### 2.4.3 Détermination de N.PREC, fonction du précédent

Dans le tableau ci-dessous, sont repris les précédents les plus habituels. Dans le cas où le précédent serait constitué d'une culture non reprise dans le tableau, on se situera par référence à des plantes connues comme ayant des caractéristiques fortement semblables sur le plan des reliquats de fumure et des résidus laissés par la culture. Les valeurs de ce tableau ont été adaptées en fonction des reliquats azotés mesurés en janvier 2020 dans 101 situations.

**Tableau 3.9 – Valeur du correctif N.PREC selon le précédent cultural et le schéma de fractionnement.**

précédent cultural	N.PREC selon:				
	3 fractions			2 fractions	
	T	R	DF	TR	DF
Betteraves et chicorées					
Arrachées avant le 15 octobre	0	0	0	0	0
Arrachées après le 15 octobre	+10	+10	0	Non recommandé	
Pois protéagineux, pois de conserverie, féveroles, haricots	0	-20	-10	-20	-10
Colza	0	0	0	0	0
Lin	0	0	0	0	0
Pomme de terre	0	-10	-10	-10	-10
Maïs ensilage	0	0	-10	Non recommandé	
Chaumes	+10	+10	0	Non recommandé	
Pailles sans azote et maïs grain	+10	+10	0	Non recommandé	
Légumes (épinard, choux, carottes)	(Analyser et consulter)				

Ces valeurs de N.PREC sont valables dans le cas où le précédent a donné un rendement normal compte tenu des fumures apportées.

Dans le cas où le rendement de la culture précédente aurait été trop faible par rapport à la fumure azotée qui lui avait été apportée, il y a lieu de réduire les valeurs de N.PREC pour tenir compte du reliquat laissé par la culture précédente.

Après légumes et de manière générale pour les situations non reprises dans le Tableau 3.9, la très grande variabilité observée dans les disponibilités azotées après ce type de précédent, due aux modalités très variées de culture, fertilisation et récolte, ne permet pas de définir ici des termes correctifs pertinents. Il est préférable dans ces situations de réaliser une analyse de la teneur en azote du profil et ensuite de consulter un service compétent qui, sur base des résultats de l'analyse pourra donner un conseil judicieux.

### 3. Fertilisation azotée en froment d'hiver

#### 2.4.4 Détermination N.ETAT, en fonction de l'état de la culture

Suivant la fraction pour laquelle la détermination est effectuée, on se reportera au paragraphe correspondant, c'est-à-dire :

- Pour un apport en **trois fractions** :
  - 4.1. (tallage) ;
  - 4.2. (redressement ou intermédiaire) ;
  - 4.3. (dernière feuille).
- Pour un apport en **deux fractions** :
  - 4.2. (redressement ou intermédiaire) ;
  - 4.3. (dernière feuille).

#### 4.1. Premier apport au TALLAGE :

Généralement, les situations où la densité en plante est trop faible sont rares.

STADE DE LA CULTURE AU DEBUT MARS	Valeur
3 feuilles ou moins	5
Début tallage (1 talle formée)	6
Plein tallage (2 talles au moins)	7
Fin tallage (4 talles au moins)	8
Inscrire ici la valeur retenue pour votre parcelle	

DENSITE EN PLANTES PAR m <sup>2</sup>	Valeur
Densité trop faible (moins de 100 plantes/m <sup>2</sup> )	-1
Densité normale ou faible	0
Densité trop élevée (plus de 300 plantes/m <sup>2</sup> )	+1
Inscrire ici la valeur retenue pour votre parcelle	

ACCIDENTS CULTURAUX	Valeur
Si sol glacé, très refermé	-1
Si semis trop profond	-1
Si déchaussement	-1
Sinon	0
Inscrire ici la valeur retenue pour votre parcelle	

### 3. Fertilisation azotée en froment d'hiver

RESSUYAGE DU SOL	Valeur
Si sol gorgé en eau	-1
Si sol très bien ressuyé	+1
Sinon	0
<i>Inscrire ici la valeur retenue pour votre parcelle</i>	

**Total des quatre valeurs retenues = indice ETAT**

ETAT DE LA CULTURE	N.ETAT
ETAT 0, 1,2 ou 3	+ 30
ETAT 4	+ 20
ETAT 5	+ 10
ETAT 6	0
ETAT 7	- 10
ETAT 8	- 20
ETAT 9, 10	- 30

Vos parcelles	N.ETAT RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 37)
Parcelle 1	
Parcelle 2	

#### 4.2. Second apport au REDRESSEMENT (apport en 3 fractions) ou INTERMEDIAIRE (apport en 2 fractions) :

- Détermination de N.ETAT pour la fraction du redressement (apport en 3 fractions)

ASPECT DE LA VÉGÉTATION	N.ETAT
Végétation trop faible, couleur claire	+ 10
Végétation normale	0
Végétation trop forte, couleur vert foncé, bleuté	- 20
<i>Inscrire ici la valeur retenue pour votre parcelle</i>	

Pour caractériser l'aspect de la végétation à ce stade, il faut principalement prendre en compte la densité de talles et la couleur de la culture. Il faut cependant être prudent, la culture du froment ne doit pas ressembler à une prairie, sinon les risques dus à l'excès de densité deviennent trop importants. Tenir compte aussi des différences de coloration de feuillage d'une variété à l'autre.

### 3. Fertilisation azotée en froment d'hiver

- **Détermination de N.ETAT pour la fraction intermédiaire tallage-redressement (2 fractions)**

En cas de doute, optez pour « densité normale ». Si vous avez opté pour une fumure en deux fractions, il est normal que la végétation soit de couleur un peu claire et de densité en talle plus faible que lorsqu'il y a eu une application au tallage.

DENSITE DE VEGETATION	Valeur
Densité trop faible	+ 10
Densité normale	0
Densité élevée	- 20
<i>Inscrire ici la valeur retenue pour votre parcelle</i>	

Vos parcelles	N.ETAT RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 37)
Parcelle 1	
Parcelle 2	

#### 4.3. Dernier apport fraction de la DERNIERE FEUILLE

##### Détermination des valeurs de N.ETAT pour la fraction de la dernière feuille

ASPECT DE LA VÉGÉTATION	N.ETAT
Végétation trop faible	+ 10
Végétation normale	0
Végétation trop forte et/ou présence importante de maladies	- 20
<i>Inscrire ici la valeur retenue pour votre parcelle</i>	

Pour caractériser l'aspect de la végétation à ce stade, il faut prendre en compte principalement la vigueur et la couleur de la culture.

Vos parcelles	N.ETAT RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 37)
Parcelle 1	
Parcelle 2	



#### 2.4.5 Détermination DE N.CORR

Ces correctifs éventuels permettent d'éviter des surdosages ou sous-dosages de fumure azotée lors de l'une ou l'autre des fractions.

Suivant la fraction pour laquelle la détermination est effectuée, on se reportera au paragraphe correspondant, c'est-à-dire :

- Pour un apport en **trois fractions** :
  - 5.1 (tallage) ;
  - 5.2 (redressement ou intermédiaire) ;
  - 5.3 (dernière feuille).
  
- Pour un apport en **deux fractions** :
  - 5.2 (redressement ou intermédiaire) ;
  - 5.3 (dernière feuille).

#### 5.1. Pour la fraction de TALLAGE

La fraction de tallage ne doit pas dépasser 100 unités par hectare. Si la culture présente trop de facteurs défavorables (terre mal drainée, à très mauvaise structure, précédent paille, densité insuffisante, plantes déchaussées), le potentiel de rendement de la culture est affaibli. Dans ce cas, tout excès de fumure contribuerait à le réduire encore.

#### Détermination de la valeur de N.CORR pour la fraction de tallage

	N.CORR
Si N.TER + N.PREC + N. ETAT est égal ou inférieur à 50 unités	0
Si N.TER + N.PREC + N. ETAT est supérieur à 50 unités	$50 - (N.TER + N.PREC + N. ETAT)^*$

\* La valeur de N.CORR est dans ce cas toujours négative.

Vos parcelles	N. CORR RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 37)
Parcelle 1	
Parcelle 2	

### 3. Fertilisation azotée en froment d'hiver

#### 5.2. Pour la fraction de REDRESSEMENT (apport en trois fractions) ou INTERMEDIAIRE (apport en deux fractions)

##### a. Fraction de redressement (3 apports)

Pour éviter d'avoir un peuplement en épis trop dense, il faut tenir compte de la quantité d'azote qui a été appliquée lors de l'apport de tallage. En effet, dans certaines conditions pédoclimatiques (TER 4-5), la somme des deux premières fractions ne peut dépasser 120 unités sous peine de nuire au rendement par excès de densité et/ou d'accroître les risques de verse.

**Dans le cas particulier de TER 3**, si la quantité appliquée en 1<sup>ère</sup> fraction plus celle prévue en 2<sup>ème</sup> fraction dépasse 160 unités, on limite le 2<sup>ème</sup> apport et on reporte la quantité en excès sur la 3<sup>ème</sup> fraction.

*Exemple:*

<i>Si 1<sup>ère</sup> fraction appliquée=</i>	<i>80</i>
<i>2<sup>ème</sup> fraction calculée=</i>	<i>90</i>
<i>Total=</i>	<i>170</i>
<i>N.CORR=</i>	<i>160-170= -10</i>

*Il faut apporter à la deuxième fraction:*  
*90-10= 80 unités*  
*et ajouter 10 unités à la 3<sup>ème</sup> fraction prévue.*

Dans le cas de TER 4 et 5 on ne reporte pas l'excédent de fumure.

#### Détermination de N.CORR pour la fraction de redressement

La détermination de N.CORR pour la fraction du redressement se fait en fonction de la somme des deux premières fractions (tallage appliquée + redressement calculée) et du type de terre TER (voir 1.1 page 26).

TYPE DE TER		VALEUR DE N.CORR.
TER 0, 1 et 2	Dans tous les cas	0
TER 3	Si 1 <sup>ère</sup> fraction appliquée + 2 <sup>ème</sup> fraction calculée= 150 N ou moins	0
	Sinon N.CORR= 150 N - 1 <sup>ère</sup> fraction appliquée - 2 <sup>ème</sup> fraction calculée...	
	N.CORR devra dans ce cas être ajouté à la fraction dernière feuille	...
TER 4 et 5	Si 1 <sup>ère</sup> fraction appliquée + 2 <sup>ème</sup> fraction calculée= 110 N ou moins	0
	Sinon N.CORR= 110 N - 1 <sup>ère</sup> fraction appliquée - 2 <sup>ème</sup> fraction calculée	...

### 3. Fertilisation azotée en froment d'hiver

Vos parcelles	N.CORR RETENUS POUR VOS PARCELLES	REPORT ÉVENTUEL À LA DERNIÈRE FEUILLE (UNIQUEMENT SI TER 3)
Parcelle 1		
Parcelle 2		

#### b. Fraction intermédiaire (2 apports)

TYPE DE TER		VALEUR DE N.CORR.
TER 0, 1 et 2	Non recommandé	0
	Si fraction calculée= 100 N ou moins	0
TER 3, 4 et 5	Sinon N.CORR= 100 N - fraction calculée*	...

\* Dans de rares situations comme par exemple TER 3, précédent chaume et végétation insuffisante

Vos parcelles	N. CORR RETENUS POUR VOS PARCELLES
Parcelle 1	
Parcelle 2	

#### 5.3. Pour la fraction de dernière feuille

Toujours pour éviter une sur-fumure ou une sous-fumure de la culture, il faut dans certains cas adapter la dernière fraction en fonction des deux premiers apports : cette adaptation doit à nouveau se faire en fonction des conditions pédoclimatiques (type de TER).

### 3. Fertilisation azotée en froment d'hiver

#### a. Fumure en trois apports

TYPE DE TER		Valeur de N.CORR.
TER 0, 1 et 2	160 N - 1 <sup>ère</sup> fraction - 2 <sup>ème</sup> fraction = A	
	Si A = 0 plus	0
	Si A = valeur inférieure à 0	A
TER 3	Si 1 <sup>ère</sup> fraction + 2 <sup>ème</sup> fraction + report éventuel de 2 <sup>ème</sup> fraction	-20+report éventuel
	= 140 N ou plus	
	= plus de 80 N et moins de 140 N	0
	= 80 N ou moins	+ 10
	* En cas de report de 2 <sup>ème</sup> fraction sur la 3 <sup>ème</sup> (voir 5.2.)	
TER 4	Si 1 <sup>ère</sup> fraction + 2 <sup>ème</sup> fraction	
	= 130 ou plus	- 20
	= plus de 60 N et moins de 130 N	0
	= 60 N ou moins	+ 10
TER 5	Si 1 <sup>ère</sup> fraction + 2 <sup>ème</sup> fraction	
	= 100 N ou plus	- 20
	= plus de 40 N et moins de 100 N	0
	= 40 N ou moins	+ 10

Vos parcelles	N.CORR RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 37)
Parcelle 1	
Parcelle 2	

#### b. Fumure en deux apports

TYPE DE TER		Valeur de N.CORR.
TER 3	Si fraction intermédiaire = 80 N ou moins	+10
TER 4	Si fraction intermédiaire = 60 N ou moins	+10
TER 5	Si fraction intermédiaire = 40 N ou moins	+10

Vos parcelles	N.CORR RETENUS POUR VOS PARCELLES (à reporter p. 37)
Parcelle 1	
Parcelle 2	

### 2.4.6 Calcul de la fumure

La fumure de la parcelle est constituée de deux ou trois fractions dont les différents termes peuvent être rassemblés puis sommés dans le tableau suivant.

#### *Parcelle 1*

FUMURE	DOSE REF.		N. TER	N. ORG A	N. PREC	N. ETAT	N. CORR	TOTAL (1)
	3 fractions	2 fractions						
Tallage	60	-						
Intermédiaire T-R		90						
Redressement	60	-						
Dernière feuille	65	95						

(1) Lorsque le total ainsi calculé est négatif, sa valeur est ramenée à 0 ; lorsque ce total vaut moins de 10 N, sa valeur est reportée sur la fraction suivante.

#### *Parcelle 2*

FUMURE	DOSE REF.		N. TER	N. ORG A	N. PREC	N. ETAT	N. CORR	TOTAL (1)
	3 fractions	2 fractions						
Tallage	60	-						
Intermédiaire T-R		90						
Redressement	60	-						
Dernière feuille	65	95						

## 3 La fertilisation azotée en Escourgeon

### ***3.1 Les particularités de la saison culturale 2018-2019***

Les semis ont été réalisés dans des conditions optimales à l'automne. Malgré la sécheresse qui nous affectait depuis la fin 2016, les quelques pluies avant les semis (vers le 20 septembre) et de fin octobre ont permis une levée homogène de la plupart des escourgeons.

Le développement des plantes s'est également passé dans de bonne condition. Le temps clément durant l'hiver a permis à l'escourgeon de taller de façon optimale.

Le mois chaud et sec de février a permis un retour rapide sur les terres et la réalisation des premières applications d'azote. Certains précédents n'avaient pas valorisé l'azote apporté la saison précédente laissant des reliquats azotés élevés. Les analyses de reliquats azotés à la sortie d'hiver ont permis d'éviter des surdosages d'azote.

La fraîcheur du mois de mai a eu des conséquences diverses. En effet, l'épiaison s'est prolongée sur plus de 3 semaines et dans certaines situations, la fertilité et le développement des épis d'escourgeon ont pu être affecté par le froid.

Le mois de juin à lui été marqué par une succession de coups de chaud avec des températures qui ont atteint les 30°C. Heureusement, dans la plupart des situations, le seuil des 32°C n'a pas été atteint limitant l'impact de l'échaudage.

La moisson des escourgeons a débuté en juillet. Ils ont donné de bons rendements. Seuls, quelques problèmes de fertilité d'épis ont empêché les rendements d'atteindre des sommets.

### 3.2 Résultats des expérimentations en 2019

Pour la saison 2018-2019, les résultats d'essais sur la fumure azotée proviennent des plateformes de Lonzée (ULiège Gx-ABT) et de Ath (CARAH). Une première analyse sera réalisée sur l'essai mené à Ath. Ensuite, les deux essais, l'un sur une variété lignée et l'autre sur une variété hybride réalisés à Lonzée seront détaillés.

Le Tableau 3.10 reprend les itinéraires techniques de l'essai de Ath et des deux essais de Lonzée.

**Tableau 3.10 – Itinéraire technique des essais implantés à Ath et Lonzée.**

Intervention	Ath		Lonzée			
	Caractéristique	Modalité / Date	Caractéristique	Modalité / Date	Caractéristique	Modalité / Date
Choix variétal	KWS Orbit	-	KWS Tonic	-	Bazooka	-
Type de variété	Lignée		Lignée		Hybride	
Date de semis	250 grains/m²	28-sept	225 grains/m²	04-oct	175 grains/m²	04-oct
Précédent	Froment	-	Pomme de terre	-	Pomme de terre	-
Porfil azoté réalisé en Janvier 2019	profondeur 0-30 cm	7,4 (kg/ha)	profondeur 0-30 cm	15 (kg/ha)	profondeur 0-30 cm	15 (kg/ha)
	profondeur 30-60 cm	13,7 (kg/ha)	profondeur 30-60 cm	29 (kg/ha)	profondeur 30-60 cm	29 (kg/ha)
	profondeur 60-90 cm	22,3 (kg/ha)	profondeur 60-90 cm	27 (kg/ha)	profondeur 60-90 cm	27 (kg/ha)
	Total N minéral	43,4 (kg/ha)	Total N minéral	71 (kg/ha)	Total N minéral	71 (kg/ha)
Apport de fumure	Tallage (T)	08-mars	Tallage (T)	01-mars	Tallage (T)	01-mars
	Redressement (R)	27-mars	Redressement (R)	27-mars	Redressement (R)	27-mars
	Dernière feuille (DF)	02-mai	Dernière feuille (DF)	24-avr	Dernière feuille (DF)	24-avr
Désherbage	Herold 0,6l/ha + AZ500 100c/ha	13-oct	Axial 1l/ha + Biathlon duo 70g/ha + Vegetop 1l/ha	05-avr	Axial 1l/ha + Biathlon duo 70g/ha + Vegetop 1l/ha	05-avr
Raccourcisseur	Allié 15g/ha + starane Forte 0,2l/ha	29-mars	-	-	-	-
	Percival 0,8kg/ha	29-mars				
Fongicide	Percival 0,2kg/ha + Ethephon 0,4 l/ha	22-avr	Ethephon 1,25l/ha	29-avr	Ethephon 1,25l/ha	29-avr
	Fandango 1l/ha	06-avr	Opus plus (1,5L/ha)	30-avr	Opus plus (1,5L/ha)	30-avr
	Cerix 1,5l/ha + Pugil 1l/ha	22-avr	+ Pugil (1L/ha)		+ Pugil (1L/ha)	
Insecticide	Patriot Protech 0,4l/ha + Pirimor 150g/h	17-oct	Adexar (1,5L/ha)	11-juin	Adexar (1,5L/ha)	11-juin
	Karaté Zéon 0,05l/ha	08-nov	-	-	-	-
Récolte	-	05-juil	-	09-juil	-	09-juil

#### 3.2.1 Analyse de l'essai fumure réalisé à Ath (Carah)

- **Rendement phytotechnique et économique**

Pour le calcul du rendement économique, le prix de vente retenu pour l'escourgeon en 2019 est de 145 €/T et le prix moyen de la tonne d'azote (ammonitrate 27 %) est de 240€ avec une TVA appliquée de 6%. Les rendements économiques repris dans ce chapitre seront donc exprimés selon le rapport 6.1 à savoir qu'1 kilogramme d'azote correspond à 6.1 kilogramme d'escourgeon (1 kg N = 6.1 kg d'escourgeon).

Le Tableau 3.11 donne les résultats de l'essai « fumures » mené dans le Hainaut par le CARAH sur la variété KWS Orbit. Les résultats de l'analyse statistique permettent de montrer qu'en 2019, tous les schémas de fumure ont permis d'obtenir des rendements statistiquement similaires. L'apport d'une fumure azotée élevée n'a donc pas permis de maximiser le rendement.

### 3. Fertilisation azotée en escourgeon

**Tableau 3.11 – Résultats de l'essai « fumures » réalisé en 2019 à Ath (CARAH) sur la variété KWS Orbit.**  
Ce tableau donne les fumures appliquées en fonction des stades de la culture (kgN/ha), la fumure totale (kgN/ha), le rendement phytotechnique et économique (qx/ha), le poids à l'hectolitre (kg/hl), le poids de mille grains (g) ainsi que le nombre de grains par mètre carré et le taux de protéines (%) pour cet essai.

KWS Orbit										
Objet	T 08-mars	R 27-mars	DF 02-mai	Total [Kg N/ha]	Rdt Phyto [qx/ha]	Rdt Eco [qx/ha]	P/HL [kg/hl]	Teneur en protéines	PMG	Nbr de grains par m²
1	0	0		0	91	91	66,0	<b>12,3*</b>	<b>49,1*</b>	18552
2	35	40	30	105	119	112	67,0	11,7	46,8	25330
3	35	40	50	125	117	109	<b>67,4*</b>	12,1	48,4	24114
4	45	50	50	145	117	108	66,8	11,7	48,5	24129
5	35	55	65	155	117	108	66,5	11,7	47,7	24598
6	0	90	75	165	118	108	65,9	12,2	46,7	25203
7	55	60	50	165	124	<b>114*</b>	66,0	11,7	47,2	26271
8**	55	60	50	165	123	112	66,3	11,4	46,3	26473
9	60	60	65	185	117	106	66,3	11,7	47,8	24493
10	60	65	80	205	<b>125*</b>	113	65,7	11,6	46,1	<b>27241*</b>

\* Chaque valeur en gras représente la valeur la plus élevée observée pour le rendement phytotechnique, le rendement économique, le poids à l'hectolitre (kg/hl), le poids de mille grains (g) ainsi que le nombre de grains/m² et de la verse (9 étant résistant). Les cases grisées sont les objets statistiquement équivalents à la valeur maximale

\*\*Engrais contenant du soufre (sulfonitrate 32%S)

L'impasse de la fumure au tallage (objet 6) n'a pas été pénalisante. Au prix de vente de 145 € la tonne d'escourgeon et de 240 € la tonne d'ammonitrate, le meilleur revenu est atteint avec 165 kgN/ha donnant un rendement économique de 114 qx/ha.

- **Poids à l'hectolitre (P/HL) et poids de mille grains (PMG)**

Aucune différence significative entre les fumures n'a été observée au niveau des poids à l'hectolitre. A part la fumure la plus élevée (objet 10), toutes les fumures ont permis d'atteindre un poids de mille grains statistiquement équivalent et supérieur à l'objet 10.

Depuis quelques années, les résultats montrent tout de même une tendance des fumures totales faibles à donner des poids à l'hectolitre et des poids de mille grains un peu plus élevés que les fumures élevées. Ce constat est lié au plus faible nombre de grain par m², qui engendre un meilleur remplissage des grains présents. Tout comme en 2018, la fumure n'a que peu impacté le poids à l'hectolitre et le PMG en 2019.

- **Nombre de grains par mètre carré**

Il y a 2 composantes principales qui déterminent le rendement à savoir ; le poids de mille grains (signe d'un bon remplissage de l'épi) et le nombre de grains par mètre carré qui lui est fonction du nombre d'épis et du nombre de grains par épis.

Etant donné que le poids de mille grains est faiblement impacté par la quantité d'azote totale apportée, on peut conclure que l'élément le plus limitant dans une année normale est le nombre de grain par mètre carré.

Le nombre de grain est lié principalement à deux facteurs. Il faut tout d'abord un nombre de talles suffisant qui est lui en grande partie lié à la fraction de tallage. Le Tableau 3.11 montre que les 6 premières modalités, qui ont reçu moins d'azote au tallage ont un nombre de grain par m² plus faible que les objets 7, 8, 10 qui ont reçu au moins 55 unités au tallage. Ensuite il



faut de l'azote au redressement pour permettre aux talles présentes de monter en épis. C'est peut-être une explication à la différence que l'on peut observer entre les objets 9 et 10.

Attention, exagérer la fumure à certaines fractions n'est certainement pas la solution car un nombre de talles ou d'épis trop élevé peut engendrer des problèmes de verse, de maladies foliaires mais aussi un moins bon remplissage du grain. D'ailleurs, l'objet 10 est le seul objet à avoir un poids de mille grains statistiquement plus faible. Le tableau montre également que, les schémas avec des fractions équilibrées semblent maximiser le rendement économique

- **Teneur en protéines**

La teneur en protéines a été peu influencée par la fumure dans cet essai.

- **Apport de soufre**

Afin d'évaluer la nécessité ou non d'apporter du soufre, l'ammonitrate 27% a été remplacé par du sulfonitrate 32% dans l'objet 8. La comparaison entre les objets 7 et 8, pour lesquels seule la forme d'azote diffère, montre que cette année l'apport de soufre n'était pas bénéfique en escourgeon. Il a même été pénalisant pour la teneur en protéine.

#### **3.2.2 Analyse des essais fumures réalisés à Lonzée (ULiège Gx-ABT)**

Le fractionnement de la fumure azotée a été étudié sur deux essais mis en place à Lonzée (Gx-ABT) ; le premier a été réalisé sur KWS Tonic (variété lignée), le second sur Bazooka (variété hybride). Le choix de réaliser deux essais séparés pour les variétés lignées et hybride est parti du constat que les deux types de variétés ont des comportements différents par rapport aux différents schémas de fumure.

Les fumures maximales et optimales sont obtenues par calcul (courbes de réponse des rendements aux différents niveaux de la fumure azotée croissante).

Le calcul des rendements économiques est le même que pour l'essai de Ath. Il est basé sur un prix de vente pour l'escourgeon en 2019 de 145€/T et un prix moyen de la tonne d'azote (ammonitrate 27 %) de 240€ avec une TVA appliquée de 6%.

### 3. Fertilisation azotée en escourgeon

- Essai fumure sur la variété lignée KWS Tonic

**Tableau 3.12 – Résultats de l’essai « fumures » réalisé à Lonzée (Gx-ABT) en 2019 sur la variété lignée KWS Tonic.** Ce tableau donne les fumures appliquées en fonction des stades de la culture (kgN/ha), la fumure totale (kgN/ha), le rendement phytotechnique et économique (qx/ha), la verse (cotation de 1 à 9, 9 étant la cote la plus favorable), le poids à l’hectolitre (kg/hl), la teneur en protéine (% de matière de sèche), le poids de mille grains (g) ainsi que le nombre d’épis, le nombre de grains par mètre carré et le nombre de grains par épis.

KWS Tonic													
Objet	T 14-mars	R 11-avr	DF 24-avr	Total [Kg N/ha]	Rdt Phyto [qg/ha]	Rdt Eco [qg/ha]	Verse	P/HL [kg/hl]	Teneur en protéine	PMG	Nbr d'épis/m²	Nbr de grains par m²	Nbr de grains par épis
1	0	0	0	0	69	69	9,0	66,0	9,2	46,7	419	14861	35
2	0	35	0	35	83	81	9,0	65,9	8,8	47,2	483	17520	36
3	35	35	0	70	95	91	9,0	65,8	9,9	46,4	557	20469	37
4	70	35	0	105	103	97	8,6	66,2	10,2	46,5	601	22232	37
5	0	35	35	70	97	93	9,0	<b>66,1</b>	10,5	<b>48,1*</b>	500	20140	40
6	35	35	35	105	103	96	8,9	<b>66,4*</b>	10,3	48,0	555	21445	39
7	70	35	35	140	105	96	8,9	65,5	10,9	46,8	532	22368	42
8	0	70	0	70	98	93	8,8	65,2	10,1	46,2	514	21151	41
9	35	70	0	105	108	<b>101*</b>	8,7	65,7	10,4	46,4	575	23216	40
10	70	70	0	140	106	97	8,1	65,6	10,7	45,6	635	23191	37
11	0	70	35	105	103	97	8,2	65,6	10,9	47,0	552	21957	40
12	35	70	35	140	107	98	9,0	65,8	10,9	47,2	513	22612	<b>44*</b>
13	70	70	35	175	107	96	8,4	65,4	11,6	45,7	579	23296	40
14	0	70	70	140	106	97	9,0	65,5	11,4	47,4	566	22319	39
15	35	70	70	175	107	96	8,4	65,0	12,0	45,7	<b>643*</b>	23431	36
16	70	70	70	210	104	92	7,7	64,6	12,6	45,0	575	23220	40
17	0	105	70	175	109	99	8,1	64,7	12,0	45,6	585	23952	41
18	35	105	70	210	109	96	8,6	64,8	<b>12,8*</b>	45,1	566	24183	43
19	0	105	105	210	<b>112*</b>	99	8,9	64,6	12,7	45,4	578	<b>24727*</b>	43
20	55	55	50	160	108	98	9,0	65,7	10,9	48,0	581	22514	39

\* Chaque valeur en gras représente la valeur la plus élevée observée pour le rendement phytotechnique, le rendement économique, le poids à l’hectolitre (kg/hl), le poids de milles grains (g) ainsi que le nombre de grains/m² et de la verse (9 étant résistant). Les cases grisées sont les objets statistiquement équivalents à la valeur maximale

- Rendement phytotechnique et économique

L’analyse statistique nous montre qu’en 2019, pour la variété lignée KWS Tonic, les fumures totales supérieures à 140 kgN/ha ainsi que l’objet 9 (105 kgN/ha) ont permis de maximiser les rendements phytotechniques. L’impasse de la fumure au tallage a entraîné, dans la plupart des cas, des pertes de rendements phytotechniques. Un apport de 35 unités d’azote au tallage a généralement permis d’atteindre de bon rendement phytotechnique.

Au niveau des rendements économiques, l’impasse de la fumure au tallage n’a pas été pénalisante contrairement aux résultats de 2018. C’est certainement lié aux reliquats élevés qui avaient été mesurés à Lonzée (précédent pomme de terre).

Le calcul des rendements économiques a tendance à lisser les résultats de cet essai. Les grosses fumures même si elles permettent d’augmenter le rendement phytotechnique n’amènent pas forcément plus de revenu pour la culture d’escourgeon.

Tout comme en 2018, un faible apport, voir un apport nul au stade DF n’a, dans la plupart des cas, pénalisé ni le rendement phytotechnique, ni le rendement économique des variétés lignées. Ce faible apport a par contre été pénalisant sur la teneur en protéines.

En générale les variétés lignées réagissent mieux à des schémas de fertilisation équilibré et sont pénalisées lorsque l’apport total d’azote est élevé. En 2019, c’est un peu le contraire.

Une des explications est que 2019 était une année à haut rendement expliquant les besoins importants en azote de la culture.

- **Poids à l'hectolitre (P/HL) et poids de mille grains (PMG)**

En 2019, le poids à l'hectolitre et le poids de mille grains ont été peu affectés par les schémas de fertilisation. Les fumures élevées ont tout de même tendance à diminuer le poids à l'hectolitre mais ce phénomène a été moins marqué cette année.

- **Nombre de grains par mètre carré**

Les objets n'ayant pas reçu d'azote ou peu d'azote (35kgN/ha) au tallage ont pour la plupart, un nombre de grains au mètre carré plus faible statistiquement que les autres. En effet, le rendement potentiel est conditionné par le nombre de grains au mètre carré et par le remplissage des grains. Une impasse au tallage est un risque de disposer d'un nombre de grains trop limité et donc de diminuer le potentiel de rendement. Se passer de l'apport d'azote au tallage n'est donc pas recommandé.

Réduire de trop la fraction de redressement peut aussi être pénalisant car le nombre de talles pouvant monter en épis sera limité.

- **Teneur en protéines**

La teneur en protéines est liée en grande partie à l'apport de la dernière fraction. Statistiquement, la plupart des objets ayant reçu plus de 70kgN/ha ont une teneur en protéines plus élevée que les autres objets.

**Message à retenir pour les variétés lignées en 2019 :**

- **Année à très haut rendement → besoins en azote importants**
- **Dans la situation où les reliquats azotés étaient élevés, l'impasse au tallage a été moins pénalisante en escourgeon que les autres années.**
- **La fraction de dernière feuille influence la teneur en protéines mais a eu un faible impact sur le rendement économique**

### 3. Fertilisation azotée en escourgeon

- Analyse de l'essai fumure réalisé à Loncée (ULiège Gx-ABT) pour la variété hybride Bazooka

**Tableau 3.13 – Résultats de l'essai « fumures » réalisé à Loncée (Gx-ABT) sur la variété hybride Bazooka.** Ce tableau donne les fumures appliquées en fonction des stades de la culture (kgN/ha), la fumure totale (kgN/ha), le rendement phytotechnique et économique (qx/ha), la verse (cotation de 1 à 9, 9 étant la cote la plus favorable), le poids à l'hectolitre (kg/hl), la teneur en protéine (% de matière de sèche), le poids de mille grains (g) ainsi que le nombre d'épis, le nombre de grains par mètre carré et le nombre de grains par épis.

Bazooka (hybride)													
Objet	T 14-mars	R 11-avr	DF 24-avr	Total [Kg N/ha]	Rdt Phyto [qg/ha]	Rdt Eco [qx/ha]	Verse	P/HL [kg/hl]	Teneur en Protéine	PMG	Nbr épis/m²	Nbr de grains par m²	Nbr de grain/é pis
1	-	-	-	0	69	69	9,0	68,5	10,6	44,6	490	15565	33
2	-	35	-	35	75	73	9,0	68,6	9,9	45,4	480	16725	36
3	35	35	-	70	94	90	9,0	69,1	10,7	44,3	580	20706	36
4	70	35	-	105	97	90	9,0	69,0	10,5	44,4	570	21817	38
5	-	35	35	70	93	88	9,0	69,1	10,6	45,2	523	20639	39
6	35	35	35	105	96	90	9,0	<b>69,3*</b>	10,8	45,4	559	21334	39
7	70	35	35	140	102	93	9,0	69,2	11,2	<b>46,1*</b>	618	22335	36
8	-	70	-	70	96	91	8,9	68,5	11,1	43,6	550	21326	39
9	35	70	-	105	101	95	8,8	68,8	11,4	43,1	633	23544	38
10	70	70	-	140	103	95	8,8	68,9	11,5	44,4	<b>646*</b>	23522	36
11	-	70	35	105	103	96	9,0	68,6	11,6	44,5	633	23036	37
12	35	70	35	140	105	97	8,9	68,9	11,6	45,1	523	23221	<b>45*</b>
13	70	70	35	175	102	91	7,9	68,3	11,7	43,7	570	23212	41
14	-	70	70	140	107	98	9,0	68,3	11,8	44,2	606	24206	40
15	35	70	70	175	107	96	8,5	68,7	12,4	44,4	612	23943	39
16	70	70	70	210	110	97	8,0	68,5	12,6	44,0	612	24637	41
17	-	105	70	175	112	<b>101*</b>	8,4	68,2	12,1	45,3	561	25173	<b>45*</b>
18	35	105	70	210	111	98	8,1	67,7	13,0	43,1	580	25495	44
19	-	105	105	210	<b>113*</b>	100	7,3	67,8	<b>13,3*</b>	43,4	590	<b>26039*</b>	<b>45*</b>
20	55	55	50	160	107	97	8,6	68,6	11,9	44,5	628	24294	39

\* Chaque valeur en gras représente la valeur la plus élevée observée pour le rendement phytotechnique, le rendement économique, le poids à l'hectolitre (kg/hl), le poids de mille grains (g) ainsi que le nombre de grains/m² et de la verse (9 étant résistant). Les cases grisées sont les objets statistiquement équivalents à la valeur maximale

- Rendement phytotechnique et économique

Pour la variété hybride Bazooka, la fumure permettant de maximiser le rendement phytotechnique a été obtenue avec 210 kgN/ha (0-105-105) donnant 112 qx/ha. Statistiquement, les objets 14 à 20 ont permis de maximiser le rendement, leur point commun est une fraction plus élevée à la dernière feuille que les autres objets, avec un minimum de 50 kgN/ha à la dernière application.

Contrairement à la variété lignée KWS Tonic, la variété hybride Bazooka est moins pénalisée par des faibles apports d'azote au tallage. Cela pourrait être expliqué par une plus grande rusticité et une meilleure vigueur du système racinaire des hybrides qui leur permet de mieux valoriser l'azote situé en profondeur en sortie d'hiver.

- **Poids à l'hectolitre (P/HL) et Poids de mille grains (PMG)**

Le poids à l'hectolitre et le poids de mille grains ont été peu affectés par les schémas de fertilisation. Les fumures élevées ont tout de même tendance à diminuer le poids à l'hectolitre. Les poids de mille grains des objets 8 et 9 sont statistiquement plus faibles, c'était déjà le cas en 2018. Une hypothèse serait que ces 2 schémas sont déséquilibrés, il y a une fraction importante au redressement qui permet une bonne montée en épis mais un faible apport d'azote à la dernière feuille qui pénalise le remplissage du grain.

- **Nombre de grains par mètre carré**

Etant donné que les variétés hybrides ont des capacités de tallage importantes, même avec un faible apport d'azote au tallage, la fraction qui va avoir le plus d'impact pour ces variétés est la fraction redressement qui va permettre aux talles de monter en épis.

**Message à retenir pour les variétés hybrides en 2019 :**

- **Les variétés hybrides sont, en générales moins pénalisées par une fraction de tallage plus faible que les variétés lignées. En 2019, à Lonzée, ce constat est moins marqué suite aux reliquats azotés élevés. Néanmoins ces résultats confirment l'intérêt de différencier le conseil de fumure pour les variétés hybrides par rapport aux variétés lignées**
- **La fraction de redressement importante pour permettre à un nombre de talles suffisant de monter en épis.**
- **La fraction dernière feuille est importante pour assurer un bon remplissage des épis.**

### **3.3 Recommandations pratiques**

#### **3.3.1 Conditions particulières de 2020, profil en azote minéral du sol en escourgeon en sortie d'hiver**

Dix-huit parcelles d'escourgeon ont été échantillonnées en ce début d'année 2020 (Tableau 3.14). Les quantités d'azote disponibles dans les 90 premiers centimètres du profil sont dans la moyenne de ces 10 dernières années. Une partie assez importante de l'azote se trouve dans le troisième horizon (de 60 à 90 centimètres). Les semaines qui ont suivi les échantillonnages ont été marquées par des pluies relativement importantes. Etant donné que les sols étaient déjà saturés en eau, il est probable que l'azote présent dans les sols soit encore descendu ce qui pourrait éventuellement compliquer sa récupération par la culture.

### 3. Fertilisation azotée en escourgeon

**Tableau 3.14 – Comparaison pour les 10 dernières années des réserves en azote minéral du profil du sol (kg N-NO<sub>3</sub>/ha) – CRA-W, Services provinciaux (Ath et Tinlot), GRENeRA de GxABT et l'unité de phytotechnie de GxABT.**

	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010
Nbr de profils	18	29	18	30	34	21	29	22	10	6	5
Profondeur (cm)	KgN/ha	KgN/ha	KgN/ha	KgN/ha	KgN/ha	KgN/ha	KgN/ha	KgN/ha	KgN/ha	KgN/ha	KgN/ha
0-30	<b>8</b>	11	8	21	7	6	5	8	9	10	9
30-60	<b>7</b>	11	8	32	5	5	5	8	9	12	7
60-90	<b>12</b>	15	12	22	7	5	8	10	12	10	9
0-90	<b>28</b>	37	28	75	19	16	18	26	30	32	25

#### 3.3.2 Conseil de fertilisation pour la saison culturale 2019-2020

La fumure de référence pour 2020 est basée sur les résultats de l'analyse pluriannuelle, sur une analyse des résultats des essais « fumures » de 2019 ainsi que sur base des observations de ce début de saison.

Etant donné que les réponses à l'azote diffèrent entre les variétés lignées et hybrides, les schémas de fumure seront traités séparément pour ces deux types de variétés.

La fumure de référence proposée en 2020 pour l'escourgeon ligné est de :

<b>Fraction du tallage (1<sup>ère</sup> fraction) :</b>	<b>55 N</b>
<b>Fraction du redressement (2<sup>ème</sup> fraction) :</b>	<b>55 N</b>
<b>Fraction de la dernière feuille (3<sup>ème</sup> fraction) :</b>	<b>50 N</b>

La fumure de référence proposée en 2020 pour l'escourgeon hybride est de :

<b>Fraction du tallage (1<sup>ère</sup> fraction) :</b>	<b>25 N</b>
<b>Fraction du redressement (2<sup>ème</sup> fraction) :</b>	<b>75 N</b>
<b>Fraction de la dernière feuille (3<sup>ème</sup> fraction) :</b>	<b>75 N</b>

Ces conseils de fumures doivent aussi être adaptés en fonction de la dose à appliquer dont le détail est repris dans le point suivant (3.3.3).

#### 3.3.3 Considération pratique pour adapter le conseil en fonction des situations

La fumure de référence est valable dans la majorité des situations culturales. Le meilleur moment pour effectuer l'apport post-hivernal de tallage doit coïncider avec la reprise de la végétation. Intervenir plus tôt ne s'est jamais concrétisé par un bénéfice à la culture, au contraire une telle pratique présente des risques pour l'environnement et pour la culture.

D'une manière générale, le conseil est de ne pas renforcer la fraction de tallage de la fumure azotée, qui reste de 25 kgN/ha pour les variétés hybrides et de 55 kgN/ha pour les variétés lignées. Dans une situation normale, augmenter de manière trop importante ces fumures risquerait de provoquer un développement de talles surnuméraires, non productives et génératrices de difficultés de conduite de la culture (densité de végétation trop forte, verse, maladies, ...).

Toutefois, une majoration de la dose préconisée au tallage peut se concevoir dans des situations particulières, lorsque l'emblavure apparaît claire ou peu développée à la sortie de l'hiver, comme dans les exemples suivants :

- ❖ Cas de certains semis tardifs ;
- ❖ Suite à l'arrêt précoce de la végétation à l'arrière-saison ;
- ❖ Suite à un déchaussement de plante.

Dans certaines situations, une impasse de la fraction de tallage est possible :

- ❖ Dans les parcelles à bonne minéralisation (en région limoneuse et sablo-limoneuse) ;
- ❖ Dans des cultures très denses en sortie d'hiver ;
- ❖ Dans les parcelles où la culture est plus précoces et proche du redressement à la sortie de l'hiver ;
- ❖ Lorsque les conditions climatiques sont particulièrement favorables.

Si l'impasse de la fraction de tallage est nécessaire ou justifiée, il reste important de respecter certaines consignes quant au moment de l'application. Faire l'impasse de toute fumure avant le stade 1<sup>er</sup> nœud est souvent très pénalisant. De ce fait, il conviendra donc d'anticiper et d'appliquer la fraction unique « tallage + redressement » quelques jours avant le stade « épis à 1 cm », en veillant à ne pas dépasser un total de 115 kgN/ha. Toutefois, notre conseil est de se limiter à 100 kgN/ha.

A l'opposé, il convient de ne pas faire l'impasse sur la fumure de tallage dans les situations suivantes :

- ❖ Parcelles peu fertiles ou trop froides, même en Hesbaye ;
- ❖ Parcelles dont les sols resteraient gorgés en eau au mois de mars (à l'image de 2012).

A partir du redressement, les besoins de l'escourgeon deviennent importants. Les disponibilités à ce stade doivent être suffisantes pour couvrir les besoins afin d'éviter toute faim azotée mais, comme pour le tallage, il est inutile, quelles que soient les situations, d'appliquer des fumures excessives au risque d'entraîner ultérieurement des problèmes de verse, maladies, ...

La fraction de dernière feuille est quant à elle destinée à assurer le remplissage maximum des grains en maintenant une activité photosynthétique la plus longue possible et vise à assurer un transfert parfait des matières de réserve vers le grain. Pour autant que la fumure appliquée précédemment ait été correctement ajustée, la dose de référence à épandre à cette période est fixée à 75 kgN/ha pour une variété hybride et 50 kgN/ha pour une variété lignée.

### 3. Fertilisation azotée en escourgeon

#### 3.3.4 Calcul des doses à appliquer :

Comme en froment, la formule générale pour le calcul des doses à appliquer reste d'application :

$$\text{Dose à appliquer} = \text{Dose de référence} + N.TER + N.ORGAN + N.PREC + N.ETAT \\ + \text{éventuellement } N.CORR$$

Vous trouverez sur le site internet le rappel des conseils et la méthode de calcul pour adapter la fertilisation en escourgeon :

<http://www.livre-blanc-cereales.be/thematiques/fumures/escourgeon/determination-pratique/>

De plus, les pages suivantes permettent d'expliquer comment calculer le N. PREC ainsi que le N ETAT en fonction de la culture d'escourgeon.

#### **Détermination des apports en azote en fonction des précédents et de l'état de la culture :**

##### **Détermination de N.PREC, fonction du précédent**

	N.PREC. POUR		
	1 <sup>ère</sup>	2 <sup>ème</sup>	3 <sup>ème</sup>
PRECEDENT CULTURAL	FRACTION		
Chaumes	0	0	0
Pailles avec azote	0	0	0
Pailles sans azote	0	0	0

##### **Détermination de N.ETAT, fonction de l'état de la culture**

###### **A) Apport au TALLAGE**

STADE DE LA CULTURE AU DEBUT MARS	Valeur
Fin tallage	5
Plein tallage	4
Début tallage	3
Inscrire ici la valeur retenue pour votre parcelle	



### 3. Fertilisation azotée en escourgeon

DENSITE DE VEGETATION	Valeur
Densité trop faible	-1
Densité normale	0
Densité trop élevée	+1
<i>Inscrire ici la valeur retenue pour votre parcelle</i>	

ACCIDENTS CULTURAUX	Valeur
Si déchaussement, phytotoxicité d'herbicides	-1
Sinon	0
<i>Inscrire ici la valeur retenue pour votre parcelle</i>	

RESSUYAGE DU SOL	Valeur
Si sol gorgé en eau	-1
Si sol très bien ressuyé	+1
Sinon	0
<i>Inscrire ici la valeur retenue pour votre parcelle</i>	

**Total des quatre valeurs retenues = indice ETAT à reporter dans le tableau ci-dessous**

ETAT DE LA CULTURE	N.ETAT
ETAT 1	+ 30
ETAT 2	+ 20
ETAT 3	+ 10
ETAT 4	0
ETAT 5	- 10
ETAT 6	- 20
ETAT 7	- 30

**indice ETAT obtenu ci-dessus est à reporter dans le Tableau 3.15 ou le Tableau 3.16**

### 3. Fertilisation azotée en escourgeon

---

#### B) Apport au REDRESSEMENT

ASPECT DE LA VÉGÉTATION	N.ETAT
Végétation trop faible ou irrégulière	+ 20
Végétation normale	0
Végétation trop forte	- 20
Inscrire ici la valeur retenue pour votre parcelle	

#### C) Apport de la DERNIERE FEUILLE

ASPECT DE LA VÉGÉTATION	N.ETAT
Végétation trop faible	+ 20
Végétation normale	0
Végétation trop forte et ou présence importante de maladies	- 20
<i>Inscrire ici la valeur retenue pour votre parcelle</i>	

Finalement, le tableau ci-dessous, reprend les données de la formule générale pour les doses d'azote à appliquer sur la culture. La fumure de la parcelle est constituée de trois fractions dont les différents termes peuvent être rassemblés puis sommés dans le tableau suivant.

**Tableau 3.15 – Bilan de la fertilisation à apporter à la culture d'escourgeon hybride en fonction des facteurs à considérer.**

FUMURE	DOSE REF.	N. TER	N. ORGA	N. PREC	N. ETAT	N. CORR	TOTAL (1)
<i>Tallage</i>	25						
<i>Redressement</i>	75						
<i>Dernière feuille</i>	75						

(1) lorsque le total ainsi calculé est négatif, sa valeur est ramenée à 0; lorsque ce total vaut moins de 10N, sa valeur est reportée sur la fraction suivante.

**Tableau 3.16 – Bilan de la fertilisation à apporter à la culture d'escourgeon lignée en fonction des facteurs à considérer.**

FUMURE	DOSE REF.	N. TER	N. ORGA	N. PREC	N. ETAT	N. CORR	TOTAL (1)
<i>Tallage</i>	50						
<i>Redressement</i>	55						
<i>Dernière feuille</i>	50						

(1) lorsque le total ainsi calculé est négatif, sa valeur est ramenée à 0; lorsque ce total vaut moins de 10N, sa valeur est reportée sur la fraction suivante.

## 4 La fertilisation azotée en froment-pois

Suite aux présentations réalisées lors de précédentes éditions du Livre Blanc et lors des visites d'essais réalisées par le CePiCOP en partenariat avec Gembloux Agro-Bio Tech, ULiège et avec le soutien de la Région Wallonne, la partie sur la fertilisation azotée est complétée par un point sur la culture associée en froment d'hiver et en pois d'hiver protéagineux.

### **4.1 Etat de l'association en sortie d'hiver**

L'association froment-pois a connu de bonne condition d'implantation fin octobre et la première partie de novembre. Ensuite, cette association a pu se développer correctement durant l'automne et a profité des températures hivernales supérieures à la normale durant les mois d'hiver. Actuellement (le 5 février), l'état de croissance du froment correspond au stade 3-4 feuilles tandis que le pois est déjà composé de deux feuilles et d'une vrille.

### **4.2 La fumure conseillée pour la saison 2019-2020**

La fumure conseillée pour 2020 est basée sur les résultats du projet de recherche financé par le SPW/DGO3 de 2012 à 2018, intitulé « Produire durablement des graines riches en protéines en optimisant la conduite de la culture associée de pois protéagineux d'hiver et de froment d'hiver » ainsi que sur les essais réalisés par le CePiCOP en 2019 et sur base des observations de ce début de saison.

La fumure conseillée est une fumure en deux fractions. Une première fraction de 40 kg N/ha est apportée au stade tallage-redressement du froment. Ensuite, un apport de 60 kg N/ha est réalisé lors du stade dernière feuille. Une fumure totale de 100 kg N/ha est donc appliquée.

Il est inutile de sur-fertiliser cette association car cette action aura alors un impact négatif sur la « fertilisation naturelle » que peut représenter les nodosités du pois. En effet, une fertilisation trop importante voire trop précoce limite la mise en place et le développement des nodosités sur le système racinaire du pois. Ces nodosités composent un des atouts des légumineuses, leurs permettant de subvenir à leurs besoins en élément azoté pendant la phase végétative. Dans la cadre de l'association, elles représentent également un atout en fin de végétation permettant alors à la céréale de bénéficier d'une « fertilisation complémentaire », grâce aux transferts d'éléments nutritifs issus d'exsudats racinaires (Figure 3.8).

Il est important de réaliser ces applications au moment idéal, ni trop précoces, ni trop tardives et/ou supérieures à la fertilisation conseillée car cela limite alors les performances de l'association.

La fumure conseillée en 2020 pour l'association de froment et de pois est de :

Fraction du tallage – redressement (1 <sup>ère</sup> fraction) :	40 N
Fraction de la dernière feuille (2 <sup>ème</sup> fraction) :	60 N

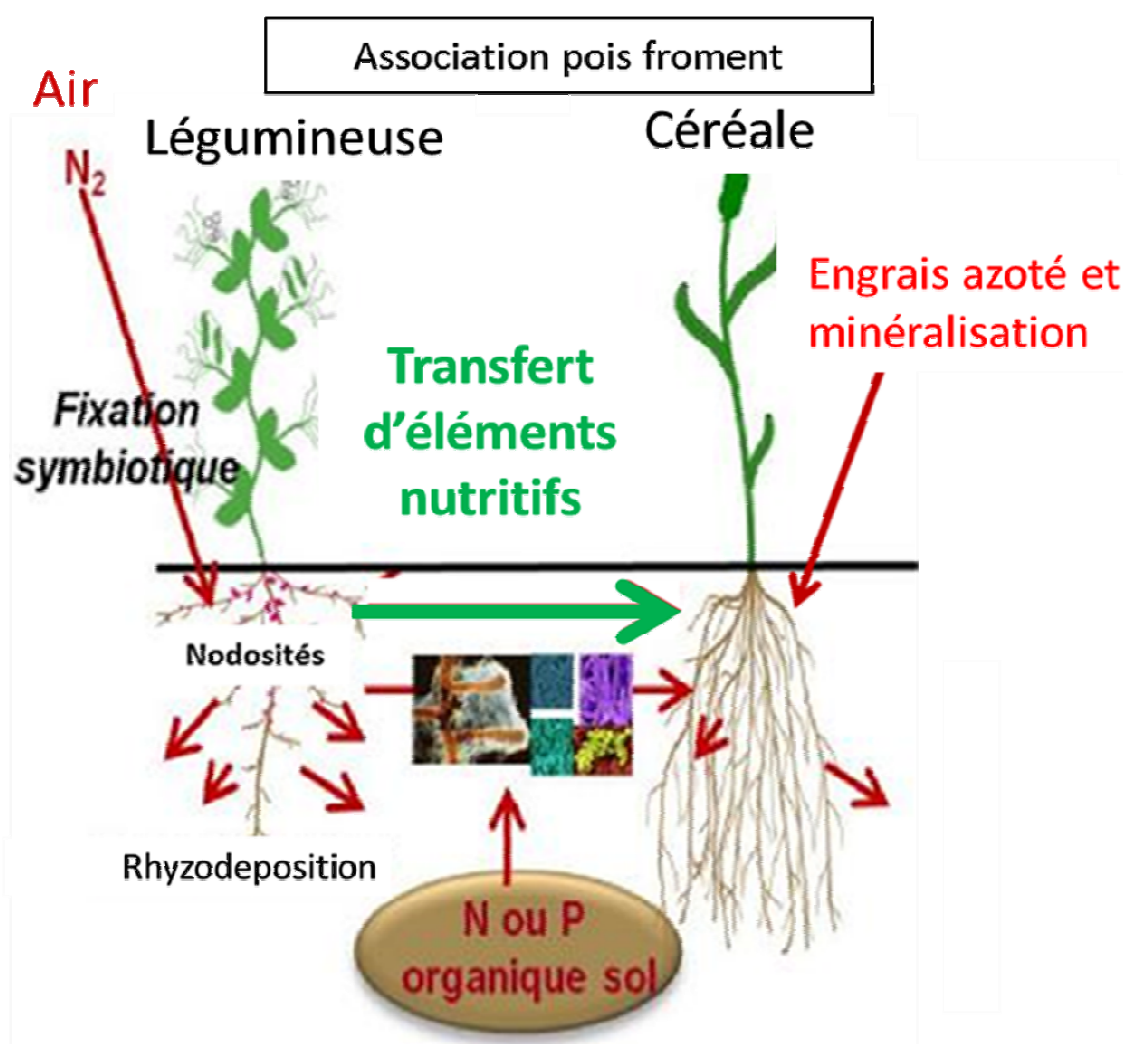


Figure 3.8 – Représentation de l'utilisation de l'azote entre une légumineuse (le pois) et une céréales (le froment). Source : présentation de J. Pierreux lors des visites des essais du CePiCOP en juin 2019.